

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

## NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Assistant Commissioner for Patents  
United States Patent and Trademark  
Office  
Box PCT  
Washington, D.C. 20231  
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

<b>Date of mailing</b> (day/month/year) 25 August 2000 (25.08.00)	
<b>International application No.</b> PCT/EP00/00153	<b>Applicant's or agent's file reference</b> 00001C
<b>International filing date</b> (day/month/year) 12 January 2000 (12.01.00)	<b>Priority date</b> (day/month/year) 12 February 1999 (12.02.99)
<b>Applicant</b> PASTYR, Otto et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

12 July 2000 (12.07.00)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:2. The election ☒ was☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Zakaria EL KHODARY

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

CONDITIONAL PETITION TO REVIVE  
IN ACCORDANCE WITH MPEP 711.03(c)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants:	PASTYR, Otto et al.	) Examiner:
PCT Application No.:	PCT/EP00/00153	) unknown
PCT Filing Date:	January 12, 2000	) Art Unit:
For:	COLLIMATOR FOR LIMITING A	) unknown
	BUNDLE OF HIGH-ENERGY RAYS	)

Atty. Docket No.: US 180 (PCT)

I hereby certify that the attached request for nationalization of the above mentioned PCT application is being deposited as air mail outside the United States via Federal Express Carrier International Services mail in an envelope addressed to:

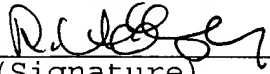
Patent and Trademark Office  
BOX PCT  
Crystal Plaza Bldg. 2, Room 1B03  
2011 South Clark Place  
ARLINGTON, VIRGINIA 22202  
U.S.A.

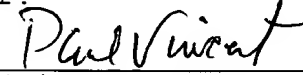
on 24 July 2001 from Stuttgart/Germany by Renate Hoeckh  
Hoeckh of Kohler, Schmid & Partner, Ruppmannstr. 27

The normal time of delivery for such mail is two days or less.

In the event that such communication is not timely filed in the United States Patent and Trademark Office, it is requested that this paper be treated as a petition and that the delay be held unavoidable. Please charge fees to deposit account number 11-1447.

The undersigned declares further that all statements made herein are true, based upon the best available information; and further, that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 or Title 18 of the United States Code, and that such willful false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issuing thereof.

  
(Signature)  
Renate Hoeckh  
(Sender)  
24 July 2001  
(Date)

  
(Signature)  
Dr. Paul Vincent  
Reg. No. 37,461  
Agent for the Applicant

10  
**Translation**

09/890218

PATENT COOPERATION TREATY

**PCT**

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

RECEIVED

TC 2000 MAIL ROOM

Applicant's or agent's file reference 00001C	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/EP00/00153	International filing date (day/month/year) 12 January 2000 (12.01.00)	Priority date (day/month/year) 12 February 1999 (12.02.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G21K 1/04		
Applicant DEUTSCHES KREBSFORSCHUNGSZENTRUM STIFTUNG DES ÖFFENTLICHEN RECHTS		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of <u>8</u> sheets, including this cover sheet.  <input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).  These annexes consist of a total of <u>30</u> sheets.
3. This report contains indications relating to the following items:  I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report II <input type="checkbox"/> Priority III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited VII <input checked="" type="checkbox"/> Certain defects in the international application VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 12 July 2000 (12.07.00)	Date of completion of this report 25 May 2001 (25.05.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP00/00153

## I. Basis of the report

### 1. With regard to the **elements** of the international application:\*

- ☐ the international application as originally filed
- ☒ the description:  
 pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
 pages 1-3,3A,4-22, filed with the letter of 16 May 2001 (16.05.2001)
- ☒ the claims:  
 pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
 pages \_\_\_\_\_, as amended (together with any statement under Article 19  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
 pages 1-32, filed with the letter of 16 May 2001 (16.05.2001)
- ☒ the drawings:  
 pages 1/8-8/8, as originally filed  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_
- ☐ the sequence listing part of the description:  
 pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_

### 2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item. These elements were available or furnished to this Authority in the following language \_\_\_\_\_ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

### 3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

### 4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

### 5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).\*\*

\* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

\*\* Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP 00/00153

## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

## 1. Statement

Novelty (N)	Claims	1 - 32	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1 - 32	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1 - 32	YES
	Claims		NO

## 2. Citations and explanations

## 1. Reference is made to the following documents:

D1: FR-A-2 519 465 (CGR MEV) 8 July 1983  
(1983-07-08)

D2: EP-A-0 387 921 (SIEMENS AG) 19 September 1990  
(1990-09-19)

D3: EP-A-0 286 858 (SIEMENS AG) 19 October 1988  
(1988-10-19)

D4: EP-A-0 314 214 (PHILIPS NV) 3 May 1989  
(1989-05-03).

## 2. Novelty (PCT Article 33(2))

None of the available documents discloses a combination of all the features of the current Claim 1. Claims 2 to 32 are dependent on Claim 1. Therefore a collimator as per any one of the current Claims 1 to 32 is novel.

## 3. Inventive step (PCT Article 33(3))

3.1 D2 discloses (cf. the entire document, in particular column 5, lines 30 to 54: the curved guide channel (47') is used to guide the diaphragm plate (37')

such that the straight edge (39') always runs parallel to the outer beam of the localized beam bundle) a collimator as per the preamble of the current Claim 1. Therefore D2 constitutes the closest prior art.

- 3.2 D1 teaches (cf. the entire document, in particular Figures 1 and 2 and the associated text), in a similar situation, a collimator having blades (5, 5a, 6, 6a), the diaphragm blades consisting of a rear part member (5, 5a) that is mounted so as to be rectilinearly displaceable and a front part member (6, 6a) articulated thereon, the front part member (6, 6a) being subjected by drive means (7, 7a, 18, 18a, 19, 19a) to an adjusting movement that is associated with the respective position of the rear part member (5, 5a) such that the front edges (8, 8a) are always aligned parallel to the beam path.
- 3.3 D1 and D2 show the same IPC. Moreover, D1 (cf. in particular the first paragraph on page 1 and the final paragraph on page 11) suggests to a person skilled in the art collimators in the field of radiotherapy which enable the geometry of a useful beam functioning as a desired treatment field to be defined and explains that these collimators generally consist of a first and a second assembly of beam limiters which are superimposed (see also D1, page 7, lines 1 to 20: 'first and second assembly (4, 4c); page 10, lines 3 to 10: a collimator can completely delimit a beam; page 11, lines 17 to 21: a collimator (40) is advantageously used to delimit a useful beam with a minimum of penumbrae).

Therefore a combination of D1 and D2 is obvious to a person skilled in the art since it concerns the same technical field of a collimator, the front edges of the diaphragm blades always being aligned parallel to the beam path. An obvious combination of this nature renders subject matter as per the original Claim 1 obvious to a person skilled in the art.

- 3.4 D1 also teaches (cf. in particular Figures 1 and 2 and the associated text) the additional features of the original Claims 3 (cf. forced coupling via means (7, 7a)), 4 (cf. semicircular edges (9, 9a)) and 13 (cf. the means (7, 7a)).

D2 teaches the ideal asymmetrical trapezoidal shape (cf. column 14, lines 23 to 49; cf. the original Claim 6) and the lateral play (cf. column 13, line 24, to column 14, line 49; cf. the original Claim 7) and the additional features of the original Claims 8 (cf. column 6, lines 14 to 24) and 9 (cf. column 5, lines 3 to 64; column 3, lines 54 to 57; column 11, lines 47 to 52), 11 (cf. Figures 2, 5 and 8 and the associated text) and 12 (cf. Figure 1, gantry (6)).

The use of a computer is obvious (cf. D2, column 1, lines 10 to 19; column 3, line 54, to column 4, line 17; column 8, lines 18 to 27; column 10, line 47, to column 11, line 3; D4, column 6, lines 30 to 42; cf. the original Claim 10).

The use of a serial or simultaneous control system is obvious (cf. D2, column 11, line 47, to column 12, line 11; cf. the original Claim 15). D2 also teaches the use of the toothed rack principle (cf. column 11, lines 52 to 56; cf. the original Claim

16) and the teeth (43) on a longitudinal edge (cf. Figure 2; original Claim 17). The use of a link control system is also obvious (cf. D1, Figures 2 and 3 and the associated text; cf. also D3, column 5, lines 6 to 27, and Figures 2 to 4; cf. the original Claim 26). A collimator as per the original Claim 33 is obvious from the prior art (cf. D2, column 12, lines 12 to 25; column 4, lines 12 to 17; column 6, lines 40 to 48; column 11, lines 25 to 32: re-setting of the beam contour during treatment).

- 3.5 The present Claim 1 is substantially based on a combination of the original Claims 1 and 2 and on page 2, line 5, of the present description (multileaf collimator).

According to the current Claim 1, there should be no notable interruption in the volume of the radiation-absorbing material, in particular when irradiating tumours. In this respect, the phrase "no notable interruption in the volume of the radiation-absorbing material" is to be understood from the medical point of view (cf. page 1, line 28, to page 2, line 2, of the present description: no medically unacceptable radiation outside the beam path contour that can be delimited optionally as per the current Claim 1 should occur; cf. also page 3, line 33, to page 4, line 3, and page 4, lines 15 to 19: the full material thickness is used over the entire surface for screening purposes).

The additional characterizing feature of the original Claim 2, which now appears in the current Claim 1, is worded as a function owing to the different ways in which it can be designed (cf. page



5, lines 10 to 13, of the present description and the current Figures 4 to 12).

This additional characterizing feature of the original Claim 2 has necessary consequences for the articulation of the front part member on the rear part member. In the case of a multileaf collimator as per the first part of the current Claim 1, this necessarily means that no lateral pins as in D1 may be present (cf. D1, Figures 1 and 2: pivot pins (22), mounting (24); cf. also D3: bolts (73, 76) with plates (71, 72); cf. also the current groove (56) and the corresponding gradation in the region of the corresponding recesses (9, 9'); page 14, lines 18 to 29, of the present description). According to the current Claim 1, the diaphragm blades must be designed such that the beam path contour can be delimited as desired. This means that the diaphragm blades are as thin as possible (cf. the present description: page 2, line 33, to page 3, line 4; page 7, lines 20 and 21; and page 12, lines 23 to 25). With diaphragm blades of this type, lateral bearings as known from D1 or D3 would necessarily lead to a notable interruption in the volume of the radiation-absorbing material. The prior art gives a person skilled in the art no suggestion of designing the articulation of the front part member on the rear part member such that a notable interruption in the volume of the radiation-absorbing material in the case of the multileaf collimator as per the preamble of the current Claim 1 does not occur.

Therefore a multileaf collimator as per the current Claim 1 involves an inventive step. The current

Claims 2 to 32 are directly or indirectly dependent on the current Claim 1 and therefore their subject matter likewise involves an inventive step.

3.6 The invention also enables the drive means to be mounted above, below or behind the part members (cf. the present Figures 4 to 12; cf. also D1, lever (27), second roller (32) and groove (60); D3: plates (71, 72); bolts (74); slot (76)).

3.7 In D3 there is provided in addition to the collimator a block (8) which comprises two pairs of jaws (13, 14, 16, 17), one pair of jaws being located above the other pair of jaws. D3 also teaches a multifield treatment (cf. column 2, lines 5 to 16) and also mentions the Canadian patent CA-A-576 973, in which movable plates are used to vary the treatment field.

# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP 00/00153

## VII. Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

1. The acknowledgement of D1 and D3 on new page 3a of the description is not restricted to facts that can be derived directly and unambiguously from D1 and D3.

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

From the INTERNATIONAL BUREAU

NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE  
COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL  
APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES

(PCT Rule 47.1(c), first sentence)

To:

WEBER, Walter  
Handschuhsheimer Landstrasse 2a  
D-69120 Heidelberg  
ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year) 17 August 2000 (17.08.00)		IMPORTANT NOTICE	
Applicant's or agent's file reference 00001C			
International application No. PCT/EP00/00153	International filing date (day/month/year) 12 January 2000 (12.01.00)	Priority date (day/month/year) 12 February 1999 (12.02.99)	
Applicant DEUTSCHES KREBSFORSCHUNGSZENTRUM STIFTUNG DES ÖFFENTLICHEN RECHTS et al			

1. Notice is hereby given that the International Bureau has communicated, as provided in Article 20, the international application to the following designated Offices on the date indicated above as the date of mailing of this Notice:  
US

In accordance with Rule 47.1(c), third sentence, those Offices will accept the present Notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

2. The following designated Offices have waived the requirement for such a communication at this time:  
EP,JP

The communication will be made to those Offices only upon their request. Furthermore, those Offices do not require the applicant to furnish a copy of the international application (Rule 49.1(a-bis)).

3. Enclosed with this Notice is a copy of the international application as published by the International Bureau on 17 August 2000 (17.08.00) under No. WO 00/48203

**REMINDER REGARDING CHAPTER II (Article 31(2)(a) and Rule 54.2)**

If the applicant wishes to postpone entry into the national phase until 30 months (or later in some Offices) from the priority date, a **demand for international preliminary examination** must be filed with the competent International Preliminary Examining Authority before the expiration of 19 months from the priority date.

It is the applicant's sole responsibility to monitor the 19-month time limit.

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination.

**REMINDER REGARDING ENTRY INTO THE NATIONAL PHASE (Article 22 or 39(1))**

If the applicant wishes to proceed with the international application in the **national phase**, he must, within 20 months or 30 months, or later in some Offices, perform the acts referred to therein before each designated or elected Office.

For further important information on the time limits and acts to be performed for entering the national phase, see the Annex to Form PCT/IB/301 (Notification of Receipt of Record Copy) and Volume II of the PCT Applicant's Guide.

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer  J. Zahra
Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Telephone No. (41-22) 338.83.38

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT  
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESSENS

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>00001C</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5	
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/EP 00/ 00153</b>	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>12/01/2000</b>	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) <b>12/02/1999</b>
Anmelder  <b>DEUTSCHES KREBSFORSCHUNGSZENTRUM...et al.</b>		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

- a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

- b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der **Bezeichnung der Erfindung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

5. Hinsichtlich der **Zusammenfassung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 4

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ keine der Abb.

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

### A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G21K1/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G21K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

### C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	FR 2 519 465 A (CGR MEV) 8. Juli 1983 (1983-07-08) Seite 2, Zeile 24 -Seite 6, Zeile 30 Abbildungen 1,2 ---	1-4, 8-13,33
Y	EP 0 387 921 A (SIEMENS AG) 19. September 1990 (1990-09-19) das ganze Dokument ---	1-4, 8-13,33
A	---	14-17
A	EP 0 286 858 A (SIEMENS AG) 19. Oktober 1988 (1988-10-19) Spalte 2, Zeile 45 -Spalte 3, Zeile 44 Spalte 4, Zeile 20 -Spalte 5, Zeile 45 Abbildungen ---	1-5,8, 15,33
	--- -/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

**X** Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

<sup>T</sup> Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

**"X"** Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\* "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegender ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

**Datum des Abschlusses der internationalen Recherche**

22. Mai 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

29/05/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchebehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Capostagno, E

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESCHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 314 214 A (PHILIPS NV) 3. Mai 1989 (1989-05-03) Spalte 4, Zeile 19 -Spalte 5, Zeile 31 Abbildung 3 -----	6,7,9,12

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zu einer Patentfamilie gehören

Intern Aktenzeichen  
PCT/EP 00/00153

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
FR 2519465	A	08-07-1983	KEINE		
EP 0387921	A	19-09-1990	DE	3711245 A	13-10-1988
			DE	3616141 A	19-11-1987
			DE	3751479 D	28-09-1995
			DE	3765996 D	13-12-1990
			EP	0245768 A	19-11-1987
			JP	2089842 C	02-09-1996
			JP	7114815 B	13-12-1995
			JP	62277972 A	02-12-1987
			US	4794629 A	27-12-1988
EP 0286858	A	19-10-1988	JP	63256899 A	24-10-1988
EP 0314214	A	03-05-1989	GB	2211710 A	05-07-1989
			DE	3851119 D	22-09-1994
			DE	3851119 T	02-03-1995
			JP	1146565 A	08-06-1989
			JP	2644008 B	25-08-1997
			US	5012506 A	30-04-1991



**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 G21K1/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 7 G21K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	FR 2 519 465 A (CGR MEV) 8 July 1983 (1983-07-08) page 2, line 24 -page 6, line 30 figures 1,2	1-4, 8-13,33
Y	EP 0 387 921 A (SIEMENS AG) 19 September 1990 (1990-09-19) the whole document	1-4, 8-13,33
A		14-17
A	EP 0 286 858 A (SIEMENS AG) 19 October 1988 (1988-10-19) column 2, line 45 -column 3, line 44 column 4, line 20 -column 5, line 45 figures	1-5,8, 15,33
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 May 2000

Date of mailing of the international search report

29/05/2000

Name and mailing address of the ISA  
 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Capostagno, E

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 00/00153

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>EP 0 314 214 A (PHILIPS NV)  3 May 1989 (1989-05-03)  column 4, line 19 -column 5, line 31  figure 3</p>	6,7,9,12

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Interim Application No

PCT/EP 00/00153

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2519465	A	08-07-1983	NONE	
EP 0387921	A	19-09-1990	DE 3711245 A	13-10-1988
			DE 3616141 A	19-11-1987
			DE 3751479 D	28-09-1995
			DE 3765996 D	13-12-1990
			EP 0245768 A	19-11-1987
			JP 2089842 C	02-09-1996
			JP 7114815 B	13-12-1995
			JP 62277972 A	02-12-1987
			US 4794629 A	27-12-1988
EP 0286858	A	19-10-1988	JP 63256899 A	24-10-1988
EP 0314214	A	03-05-1989	GB 2211710 A	05-07-1989
			DE 3851119 D	22-09-1994
			DE 3851119 T	02-03-1995
			JP 1146565 A	08-06-1989
			JP 2644008 B	25-08-1997
			US 5012506 A	30-04-1991

09/890214

T 4

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

REC'D 29 MAY 2001

WIPO

PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 00001C	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/00153	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 12/01/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 12/02/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK G21K1/04		
Anmelder DEUTSCHES KREBSFORSCHUNGSZENTRUM...et al.		



RECEIVED  
CTP 19 2001  
300 MAIL ROOM

1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 8 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.  
  
☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 30 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  12/07/2000	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  25.05.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:   Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter  Meyer, J  Tel. Nr. +49 89 2399 2728  

**I. Grundlage des Berichts**

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigefügt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):  
**Beschreibung, Seiten:**

1-3,3a,4-22                      eingegangen am                      16/05/2001    mit Schreiben vom                      16/05/2001

**Patentansprüche, Nr.:**

1-32                              eingegangen am                      16/05/2001    mit Schreiben vom                      16/05/2001

**Zeichnungen, Blätter:**

1/8-8/8                              ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/00153

- ☐ Beschreibung,      Seiten:  
☐ Ansprüche,      Nr.:  
☐ Zeichnungen,      Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

*(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).*

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

## V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

### 1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-32
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-32
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-32
	Nein: Ansprüche	

### 2. Unterlagen und Erklärungen siehe Beiblatt

## VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:  
siehe Beiblatt

**Zu Punkt V**

Begründete Feststellung nach Regel 66.2(a)(ii) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1: FR-A-2 519 465 (CGR MEV) 8. Juli 1983 (1983-07-08)  
D2: EP-A-0 387 921 (SIEMENS AG) 19. September 1990 (1990-09-19)  
D3: EP-A-0 286 858 (SIEMENS AG) 19. Oktober 1988 (1988-10-19)  
D4: EP-A-0 314 214 (PHILIPS NV) 3. Mai 1989 (1989-05-03)

2. Neuheit (Artikel 33 (2) PCT)

Keines der verfügbaren Dokumente offenbart in Kombination sämtliche Merkmale des vorliegenden Anspruchs 1. Die Ansprüche 2 bis 32 sind von Anspruch 1 abhängig. Ein Kollimator nach einem der vorliegenden Ansprüche 1 bis 32 ist daher neu.

3. Erfinderische Tätigkeit (Artikel 33 (3) PCT)

- 3.1 D2 offenbart (vgl. das ganze Dokument, insbesondere Spalte 5, Zeilen 30 - 54: die gekrümmte Führungsrille 47' dient zur Führung der Blendplatte 37' derart, daß die gerade Kante 39' immer parallel zum äußeren Strahl des eingegrenzten Strahlenbündels verläuft) einen Kollimator nach dem ersten Teil des vorliegenden Anspruchs 1. D2 bildet daher den nächstliegender Stand der Technik.
- 3.2 D1 lehrt (vgl. das ganze Dokument, insbesondere Figuren 1, 2 und den zugehörigen Text) in einer analogen Situation einen Kollimator mit Blättern 5, 5a, 6, 6a, bei dem die Blendenblätter aus einem geradlinig verschiebbar gelagerten hinteren Teilstück 5, 5a und einem an diesem angelenkten vorderen Teilstück 6, 6a bestehen, wobei das vordere Teilstück 6, 6a durch Antriebsmittel 7, 7a, 18,

18a, 19, 19a eine derartige, der jeweiligen Position des hinteren Teilstücks 5, 5a zugeordnete Stellbewegung erfährt, daß die Vorderkanten 8, 8a immer parallel zum Strahlengang ausgerichtet sind.

- 3.3 D1 und D2 weisen die gleiche IPC auf. Darüberhinaus gibt D1 (vgl. insbesondere den ersten Absatz auf Seite 1 und den letzten Absatz auf Seite 11) dem Fachmann einen Hinweis auf Kollimatoren auf dem Gebiet der Radiotherapie, die eine Definition der Geometrie eines nützlichen Strahls in Funktion eines gewünschten Behandlungsgebiets erlauben, und erläutert, daß diese Kollimatoren im allgemeinen bestehen aus einem ersten und einem zweiten Ensemble von Strahlbegrenzern, die superponiert sind (vgl. auch D1, Seite 7, Zeilen 1 - 20: erstes und zweites Ensemble 4, 4c; Seite 10, Zeilen 3 - 10: ein Kollimator kann einen Strahl vollständig begrenzen; Seite 11, Zeilen 17 - 21: ein Kollimator 40 wird vorteilhaft benutzt zur Begrenzung eines nützlichen Strahls mit einem Minimum von Halbschatten).

Eine Kombination der Dokumente D1 und D2 liegt daher für den Fachmann nahe, da sie das gleiche technische Gebiet eines Kollimators betreffen, bei dem die Vorderkanten der Blendenblätter immer parallel zum Strahlengang ausgerichtet sind. Aus einer solchen naheliegenden Kombination erhält der Fachmann in naheliegender Weise einen Gegenstand nach dem ursprünglichen Anspruch 1.

- 3.4 D1 lehrt auch (vgl. insbesondere Figuren 1, 2 und den zugehörigen Text) die zusätzlichen Merkmale der ursprünglichen Ansprüche 3 (vgl. Zwangskopplung über Mittel 7, 7a), 4 (vgl. halbkreisförmige Kanten 9, 9a) und 13 (vgl. die Mittel 7, 7a).

D2 lehrt die ideale asymmetrische Trapezform (vgl. Spalte 14, Zeilen 23 - 49; vgl. den ursprünglichen Anspruch 6) und das seitliche Spiel (vgl. Spalte 13, Zeile 24 bis Spalte 14, Zeile 49; vgl. den ursprünglichen Anspruch 7) sowie die zusätzlichen Merkmale der ursprünglichen Ansprüche 8 (vgl. Spalte 6, Zeilen 14 - 24) und 9 (vgl. Spalte 5, Zeilen 3 - 64; Spalte 3, Zeilen 54 - 57; Spalte 11, Zeilen 47 - 52), 11 (vgl. Figuren 2, 5, 8 und den zugehörigen Text), 12 (vgl. Figur 1, Gantry 6),



Die Verwendung eines Rechners ist naheliegend (vgl. D2, Spalte 1, Zeilen 10 - 19; Spalte 3, Zeile 54 bis Spalte 4, Zeile 17; Spalte 8, Zeilen 18 - 27; Spalte 10, Zeile 47 bis Spalte 11, Zeile 3; D4, Spalte 6, Zeilen 30 - 42; vgl. den ursprünglichen Anspruch 10).

Die Verwendung einer seriellen oder gleichzeitigen Ansteuerung liegt nahe (vgl. D2, Spalte 11, Zeile 47 bis Spalte 12, Zeile 11; vgl. den ursprünglichen Anspruch 15). D2 lehrt auch die Verwendung des Zahnstangenprinzips (vgl. Spalte 11, Zeilen 52 - 56; vgl. den ursprünglichen Anspruch 16) sowie die Verzahnung 43 einer Längskante (vgl. Figur 2; ursprünglicher Anspruch 17). Auch die Verwendung einer Kulissensteuerung ist naheliegend (vgl. D1, Figuren 2, 3 und den zugehörigen Text; vgl. auch D3, Spalte 5, Zeilen 6 - 27 und Figuren 2 bis 4; vgl. den ursprünglichen Anspruch 26). Ein Kollimator nach ursprünglichem Anspruch 33 ergibt sich in naheliegender Weise aus dem Stand der Technik (vgl. D2, Spalte 12, Zeilen 12 - 25; Spalte 4, Zeilen 12 - 17; Spalte 6, Zeilen 40 - 48; Spalte 11, Zeilen 25 - 32: Strahlenkontur während der Behandlung neu einstellen).

- 3.5 Der vorliegende Anspruch 1 beruht im wesentlichen auf einer Kombination der ursprünglichen Ansprüche 1 und 2 sowie auf der vorliegenden Beschreibung, Seite 2, Zeile 5 (Multileaf-Kollimator).

Gemäß vorliegendem Anspruch 1 darf, insbesondere zur Bestrahlung von Tumoren, keine nennenswerte Unterbrechung des Volumens des strahlungsabsorbierenden Materials eintreten. Der Ausdruck "keine nennenswerte Unterbrechung des Volumens des strahlungsabsorbierenden Materials" ist dabei medizinisch zu verstehen (vgl. die vorliegende Beschreibung, Seite 1, Zeile 28 bis Seite 2, Zeile 2: es darf keine medizinisch unzulässige Strahlung außerhalb der gemäß vorliegendem Anspruch 1 beliebig begrenzbaren Kontur des Strahlengangs auftreten; vgl. auch Seite 3, Zeile 33 bis Seite 4, Zeile 3 und Seite 4, Zeilen 15 - 19: es wird ganzflächig die volle Materialstärke zur Abschirmung eingesetzt).

Das nunmehr im vorliegenden Anspruch 1 enthaltene zusätzliche kennzeichnende Merkmal des ursprünglichen Anspruchs 2 ist wegen der verschiedenen

Möglichkeiten seiner Ausführung funktionell formuliert (vgl. die vorliegende Beschreibung, Seite 5, Zeilen 10 - 13 sowie die vorliegenden Figuren 4 bis 12).

Dieses zusätzliche kennzeichnende Merkmal des ursprünglichen Anspruchs 2 hat notwendig Konsequenzen für die Anlenkung des vorderen Teilstücks an das hintere Teilstück. Bei einem Multileaf-Kollimator nach dem ersten Teil des vorliegenden Anspruchs 1 bedeutet dies zwangsläufig, daß keine seitlichen Zapfen wie bei D1 vorhanden sein dürfen (vgl. D1, Figuren 1 und 2: Drehzapfen 22, Halterung 24; vgl. auch D3: Bolzen 73, 76 mit Platten 71, 72; vgl. auch die vorliegende Nut 56 und die entsprechende Abstufung im Bereich der korrespondierenden Ausnehmungen 9, 9'; vorliegende Beschreibung, Seite 14, Zeilen 18 - 29). Gemäß vorliegendem Anspruch 1 müssen die Blendenblätter so ausgebildet sein, daß der Strahlengang bezüglich seiner Kontur beliebig begrenztbar ist. Dies bedeutet, daß die Blendenblätter möglichst dünn sind (vgl. die vorliegende Beschreibung, Seite 2, Zeile 33 bis Seite 3, Zeile 4; Seite 7, Zeilen 20 - 21; Seite 12, Zeilen 23 - 25). Seitliche Lager wie aus D1 oder D3 bekannt würden bei solchen Blendenblättern notwendig zu einer nennenswerten Unterbrechung des Volumens des strahlungsabsorbierenden Materials führen. Der Stand der Technik gibt dem Fachmann keinen Hinweis darauf, die Anlenkung des vorderen Teilstücks an das hintere Teilstück so auszugestalten, daß dadurch eine nennenswerte Unterbrechung des Volumens des strahlungsabsorbierenden Materials beim Multileaf-Kollimator nach dem ersten Teil des vorliegenden Anspruchs 1 nicht eintritt.

Ein Multileaf-Kollimator nach dem vorliegenden Anspruch 1 beruht daher auf einer erfinderischen Tätigkeit. Die vorliegenden Ansprüche 2 bis 32 hängen direkt oder indirekt vom vorliegenden Anspruch 1 ab. Daher beruht auch ihr Gegenstand auf einer erfinderischen Tätigkeit.

- 3.6 Die Erfindung ermöglicht auch das Anbringen der Antriebsmittel oberhalb, unterhalb oder hinter den Teilstücken (vgl. die vorliegenden Figuren 4 bis 12; vgl. auch D1, Hebel 27, zweite Rolle 32 und Nut 60; D3, Platten 71, 72; Bolzen 74; Schlitz 76).
- 3.7 Bei D3 ist ein Block 8 zusätzlich zum Kollimator vorhanden, der zwei Paare von

Backen 13, 14, 16, 17 aufweist, wobei ein Paar von Backen sich oberhalb des anderen Paares von Backen befindet. D3 lehrt auch eine Vielfeld-Behandlung (vgl. Spalte 2, Zeilen 5 - 16) und erwähnt auch das kanadische Patent CA-A-576 973, in dem bewegliche Platten verwendet werden zur Änderung des Behandlungsgebiets.

**Zu Punkt VII**

**Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung**

1. Die Würdigung der Dokumente D1 und D3 auf der neuen Beschreibungsseite 3a beschränkt sich nicht auf Tatsachen, die aus D1 und D3 unmittelbar und eindeutig ableitbar sind.

Korrektur exemplar

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

## Kollimator zum Begrenzen eines Bündels energiereicher Strahlen

5

### Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen <sup>(Multi-leaf-</sup>Kollimator zum Begrenzen eines Bündels energiereicher Strahlen, das von einer im wesentlichen punktförmigen Strahlungsquelle ausgehend auf ein Behandlungsobjekt gerichtet ist und insbesondere der stereotaktischen Konformationsbestrahlung von Tumoren dient, wobei der Kollimator eine Vielzahl einander gegenüberliegender Blendenblätter aus strahlungsabsorbierendem Material enthält, welche durch Antriebe derart in den Strahlengang bringbar sind, daß dieser bezüglich seiner Kontur ~~und / oder Einwirkungszeit~~ beliebig begrenzbar ist und dabei die Vorderkanten der Blendenblätter immer parallel zum Strahlengang ausgerichtet sind.

15

Die heute in der onkologischen Strahlentherapie eingesetzten Behandlungsgeräte sind mit Kollimatoren ausgestattet, die energiereiche Strahlen, meistens hochenergetische Gammastrahlung eines Linearbeschleunigers, derart begrenzen, daß die Strahlen exakt die Form des Behandlungsobjekts haben. Da eine derartige Bestrahlung, z. B. eines Tumors, aus verschiedenen Richtungen erfolgt, ist es möglich, eine hohe Bestrahlungsintensität des Tumors zu erreichen und trotzdem das umliegende Gewebe nur begrenzt zu belasten. Da zur Absorption der hochenergetischen Strahlung durch den Kollimator eine Dicke desselben von mehreren Zentimetern erforderlich ist, entsteht bei einer Durchlaßöffnung mit in Durchtrittsrichtung geraden Wänden ein Halbschatten.

Dies resultiert daraus, daß von der im wesentlichen punktförmigen Strahlungsquelle die Strahlung auseinanderläuft, vom Kollimator die Form des Tumors in verkleinertem Maßstab erhält und danach bis zum Tumor weiter auseinanderläuft, um beim Auftreffen auf diesen exakt dessen Größe zu haben. Durch den schrägen Verlauf der Strahlung wird bei Wänden der Kollimatoröffnung, die in Durchtrittsrichtung gerade sind, ein Teil der Strahlung nicht durch die volle Materialstärke abgeschirmt. Dies führt dazu, daß um den Tumor herum ein Rand gesunden Gewebes mit erheblicher Strahlung belastet oder das Tumorgewebe mit zu geringer Dosis bestrahlt wird. Dadurch kommt es zu einer Schädigung, die vermieden werden sollte. Aus diesem Grund wurden verschiedene

30

WO 00/48203

2

PCT/EP00/00153

Möglichkeiten ersonnen, Kollimatoren zu entwickeln, die diesen Halbschatten reduzieren oder vermeiden.

Ein Vorschlag zur Vermeidung des Halbschattens, der durch eine Vielzahl von Schriften gemacht wurde, besteht darin, den Blendenblättern (Leafs) eines Kollimators  
5 (Multileaf-Kollimator) eine derartige Form unregelmäßiger Trapeze zu geben, daß deren Seitenflächen sowie die Seitenflächen der äußeren Begrenzungen der Kollimatoröffnung den Winkel des Strahlengangs aufweisen. Schwieriger ist es jedoch, eine entsprechende Ausrichtung der Vorderkanten der Kollimatorblätter zu erreichen. Zur Lösung dieses Problems wurden eine Vielzahl von Vorschlägen gemacht, die jedoch  
10 alle nicht befriedigend sind.

Ein Vorschlag, der beispielsweise von den Schriften EP 0 259 989 B1, EP 0 556 874 B1, EP 0 562 644 B1, US 5 166 531 und DE 33 11 870 C2 gemacht wurde, besteht darin, den Vorderkanten der Kollimatorblätter in einer derart gerundeten Form auszu-  
15 bilden, daß die äußeren Strahlen des Strahlenbündels diese Vorderkanten tangential berühren. Durch diese Lösung läßt sich der Halbschatten zwar abschwächen, jedoch nicht verhindern. Dasselbe gilt für einen weiteren Vorschlag der EP 0 259 989 B1, EP 0 556 874 B1 und EP 0 562 644 B1, bei dem die Strahlung nacheinander zwei Kollimatoröffnungen passieren muß. Eine derartige Stufung der Vorderkanten der  
20 Kollimatorblätter wurde durch die DE 195 04 054 A1 noch verfeinert, indem jedes Kollimatorblatt aus einer Vielzahl von Stäben besteht, welche gegenseitig verschiebbar übereinander gelagert sind. Dieser Kollimator ist jedoch durch die Vielzahl von Teilen kompliziert und weist aufgrund der Ancinandergrenzungen vieler Blendenblattelemente und den dabei unvermeidbaren Toleranzen eine erhöhte Leckstrahlung auf. Außerdem  
25 sind keine Antriebe vorgesehen, so daß Anpassungen manuell vorgenommen werden müssen und eine ständige computergesteuerte Anpassung der Kollimatoröffnung nicht möglich ist.

Schließlich wurde von den Schriften DE 33 11 870 C2, US 3 151 245, US 4 987 309, US 5 144 647, EP 0 193 509, EP 0 245 768 B1 und EP 0 314 214 B1 vorgeschlagen, die  
30 Kollimatorblätter derart auf bogenförmigen Bahnen zu bewegen, daß die Vorderkanten der Blendenblätter immer parallel zum Strahlengang ausgerichtet sind. Um dies zu erreichen, sind jedoch komplizierte Führungen der Blendenblätter erforderlich. Die Unterbringung solcher komplizierter Führungen setzt jedoch dem Bestreben, die Kollima-

WO 00/48203

3

PCT/EP00/00153

matorblätter möglichst dünn zu machen, eine Grenze. Dünne Kollimatorblätter sind jedoch erforderlich, um die Gestalt des Tumors exakt nachzubilden, denn Grob-abstufungen führen dazu, daß gesundes Gewebe mitbestrahlt und zerstört oder schwer geschädigt wird. Außerdem kommt es, wenn Kollimatorblätter in der Form von unregelmäßigen Trapezen ausgebildet und auf bogenförmigen Bahnen geführt werden, aus geometrischen Gründen zu Verkeilungen. Um diese zu vermeiden, wurde von der DE 37 11 245 A1 vorgeschlagen, daß sich die Kollimatorblätter zu ihrem vorderen, dem Strahlengang zugewandten Ende etwas verjüngen. Wird ein solcher Kollimator weit geöffnet, entstehen Spalten, die erhöhte Leckstrahlung zur Folge haben. Schließlich wurde die Lösung des genannten Problems von der EP 0 314 214 B1 und der US 4 987 309 darin gesehen, übereinander die trapezförmigen Kollimatorblätter und die auf bogenförmigen Bahnen verschiebbaren Kollimatorblätter anzuordnen, damit das Strahlenbündel beide Kollimatoröffnungen passieren muß. Jede der zwei Blenden hat einen Halbschatten, der zwar jeweils durch die andere Blende vermindert wird, jedoch nur beseitigbar ist, wenn man mit den beiden Blenden einen doppelten Aufwand betreibt, also nahezu die volle Materialstärke zweimal anordnet. Auch der Antriebs- und Steuerungsaufwand verdoppelt sich.

[Einfügung der Würdigung der D1 und D3]  
(Seite 3a)

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die genannten Probleme zu lösen und mit möglichst geringem Aufwand einen <sup>(Multileaf =</sup> Kollimator zu schaffen, bei dem kein Halbschatten auftritt.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Blendenblätter aus einem geradlinig verschiebbar gelagerten hinteren Teilstück und einem an diesem angelenkten vorderen Teilstück bestehen, wobei das vordere Teilstück durch <sup>(eines jeden Blendenblattes)</sup> Antriebsmittel eine derartige, der jeweiligen Position des <sup>(jeweiligen)</sup> hinteren Teilstücks zugeordnete Stellbewegung erfährt, daß die Vorderkanten immer parallel zum Strahlengang ausgerichtet sind und daß die Anlenkung des vorderen Teilstücks an das hintere Teilstück derart erfolgt, daß dadurch keine nennenswerte Unterbrechung des Volumens des Durch die Erfindung entfällt die komplizierte bogenförmige Verschiebung der Kollimatorblätter. Dadurch wird sowohl die Mechanik einfacher, als auch die Leckstrahlung vermindert, da die geradlinige Verschiebung engere Toleranzen zuläßt. Die Stellbewegung des vorderen Teilstücks läßt sich von der Mechanik und der Antriebstechnik wesentlich besser und einfacher realisieren als die bogenförmige Verschiebung. Es wird ganzflächig die volle Materialstärke zur Abschirmung eingesetzt, wodurch weder ein <sup>1</sup>strahlungsabsorbierendes Material eintritt.

## Einfügung Seite 3:

Weiterhin sind aus der FR-A-2 519 465 und der EP-A-0 286 858 Kollimatoren bekannt, die aus zwei um  $90^\circ$  versetzte Paare von Abschirmungsböcken bestehen. Diese Abschirmungsböcke weisen zur Vermeidung eines Halbschattens hintere und vordere Teilstücke auf, wobei letztere parallel zum Strahlengang ausgerichtet werden können. Die vorderen Böcke weisen seitlich herausragende Lagerzapfen zur Anlenkung an mit den hinteren Böcken verbundenen Halteeinrichtungen auf, an die auch die Antriebsmittel für die Stellbewegung angreifen. Mit derartigen Kollimatoren ist jedoch nur eine viereckige Formung eines Strahls möglich. Die Erzeugung einer Kontur in der Form eines Behandlungsobjekts in einem lebenden Organismus, wie beispielsweise eines Tumors, ist nicht möglich, dazu bedarf es eines konturbildenden Multileafkollimators der eingangs genannten Art. Eine Übertragung der vorgeschlagenen technischen Lösung auf einen Multileafkollimator steht entgegen, daß eine seitliche Lagerung vorderer Teilstücke der genannten Art bei Blendenblättern eines Multileafkollimators nicht an einer Stelle möglich ist, an der sich das nächste Blendenblatt (Leaf) befinden muß, um die eingangs genannte Kontur zu bilden. Für Multileafkollimatoren ist es ein ganz wesentliches Erfordernis, daß es zwischen den die Kontur bildenden Blendenblättern zu keiner Unterbrechung der Abschirmung kommt, da derartige Leckstrahlen gesundes Gewebe zerstören würden.

( Seite 3a )

WO 00/48203

4

PCT/EP00/00153

Halbschatten auftritt, auch kein vermindeter Halbschatten, noch ein erhöhter Aufwand durch eine zusätzliche Abschirmung wie beim oben genannten Stand der Technik erforderlich ist. Die vorgeschlagene technische Lösung zeigt ihre Überlegenheit gegenüber der bisherigen Lösungsvorschlägen insbesondere, wenn die Blendenblätter in Form von Trapezen ausgebildet sind, um auch den Halbschatten durch die Seitenflächen der Blendenblätter zu vermeiden. Die geradlinige Führung kann auch bei der trapezförmigen Gestalt der Blendenblätter nicht zum Verkeilen führen. Dadurch sind engere Toleranzen möglich, und die Leckstrahlung wird gegenüber Blendenblättern, die bogenförmig geführt werden, vermindert. Lediglich die vorderen Teilstücke brauchen eine etwas erhöhte Toleranz, um die Stellbewegung nicht durch die Trapezform zu behindern. Diese Toleranz ist jedoch im Verhältnis zu der bogenförmigen Führung sehr gering. Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf trapezförmige Blendenblätter festgelegt. Dies hängt von der Größe des Kollimators und dem Winkel des Strahlengangs ab.

Die  
15 ~~Eine zweckmäßige Ausgestaltung der~~ Erfindung sieht vor, daß die Anlenkung des vorderen Teilstücks an das hintere Teilstück derart erfolgt, daß dadurch keine nennenswerte Unterbrechung des Volumens des strahlenabsorbierenden Materials eintritt. Dies sollte bei der konkreten Ausführung der Anlenkung beachtet werden, wobei es dafür mehrere Möglichkeiten gibt, die noch erläutert werden.

20 Es ist möglich, für die Verschiebung der hinteren Teilstücke der Blendenblätter und für die Stellbewegung der vorderen Teilstücke separate Antriebe vorzusehen, wobei diese rechnergesteuert aufeinander abgestimmt werden. Vorzugsweise werden die Antriebsmittel jedoch derart ausgebildet, daß eine mechanische Zwangskopplung zu jeder Position des hinteren Teilstücks die zugehörige Ausrichtung des vorderen Teilstücks und damit der Vorderkanten garantiert. Auf diese Weise kann eine Fehlausrichtung der Vorderkanten durch Fehler im Programm oder in den Antriebsmitteln nicht auftreten. Die Zuverlässigkeit ist wesentlich erhöht, was für die Patienten und die Anwender besonders wichtig ist. Weitere Vorteile dieser Ausführungsform bestehen darin, daß für  
25 jedes Blendenblatt nur ein Antrieb erforderlich ist. Der Rechneraufwand ist entsprechend geringer, wodurch das Rechenergebnis schneller bereit steht und dadurch der Kollimator wesentlich schneller auf eine andere Kontur umgestellt werden kann.  
30



WO 00/48203

5

PCT/EP00/00153

Für die oben genannte Anlenkung des vorderen Teilstücks an das hintere Teilstück gibt es eine ganze Reihe von Möglichkeiten, beispielsweise kann das Ende des hinteren Teilstücks halbrund ausgestaltet sein und darauf ein korrespondierendes vorderes Teilstück in der halbrunden Ausnehmung angeordnet werden. Es ist auch möglich, segmentförmige vordere Teilstücke mit entsprechenden Ausnehmungen der hinteren Teilstücke zu kombinieren. Vorzugsweise wird jedoch vorgesehen, daß die vorderen Teilstücke im wesentlichen halbkreisförmige Körper sind, die in korrespondierende Ausnehmungen am vorderen Ende der hinteren Teilstücke unverlierbar gelagert sind, wobei die Stellbewegung eine Schwenkung um die im Mittelpunkt der Kreislinie liegende gedachte Drehachse ist. Es bestehen verschiedene Möglichkeiten der unverlierbaren Lagerung ohne nennenswerte Unterbrechung des Volumens des strahlungsabsorbierenden Materials, beispielsweise Schwalbenschwanzführungen, Führungen in Nuten mit in Langlöchern geführten Haltezapfen, usw. Vorzugsweise entspricht die Höhe des hinteren Teilstücks im wesentlichen dem Durchmesser des halbkreisförmigen Körpers, wobei die vorderen Enden des hinteren Teilstücks derart zurückversetzt sind, daß jede erforderliche Schrägstellung der Vorderkanten der Blendenblätter möglich ist. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, daß auch das angelenkte vordere Teilstück in jeder möglichen Position dieselbe Höhe wie das zugehörige hintere Teilstück aufweist. Dies ist für die konkrete Ausgestaltung der Lagerung und Führung der Blendenblätter von Vorteil.

Vorteilhafterweise weisen die Querschnitte der Blendenblätter eine derartige asymmetrische Trapezformen auf, daß deren Seitenflächen in etwa parallel zum Strahlengang verlaufen, wobei die Innenflächen der an die äußeren Blendenblätter anschließenden seitlichen Begrenzungen derart schräg verlaufen, daß sie an diese äußeren Blendenblätter lückenfrei anschließen. Auf diese Weise wird ein Halbschatten vermieden, da alle Begrenzungen der Kollimatoröffnung in etwa dem Strahlengang entsprechen. Daß die Erfindung gerade für eine derartige Ausgestaltung des Kollimators von großem Vorteil ist, wurde bereits oben erwähnt. Vorzugsweise weisen dabei die vorderen Teilstücke soviel seitliches Spiel auf, daß deren Stellbewegung trotz der Trapezform möglich ist.

Eine Ausgestaltung sieht vor, daß die Blendenblätter über die Mittellinie der möglichen Kollimatoröffnung hinaus verschiebbar sind. Dadurch ist es möglich, alle unregelmäßigen Konturen eines Tumors nachzubilden, beispielsweise auch Formen die einer U-

WO 00/48203

6

PCT/EP00/00153

Form ähnlich sind, und deshalb zur Nachbildung einer solchen Form die Blendenblätter über die Mittellinie der Kollimatoröffnung gehen müssen. Es kann durch diese Ausführungsform auch eine Intensitätsmodulierung des Strahls durch zeitweise Abdeckung bestimmter Bereiche leichter vorgenommen werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Blendenblätter asymmetrisch geschlossen werden können, beispielsweise in der Art eines Reißverschlusses. Durch letzteres wird die Leckstrahlung im Schließbereich wesentlich geringer als bei einer Schließung aller Blendenblätter in der Mitte. Selbstverständlich muß, um eine solche Verschiebung über die Mittellinie zu erreichen, eine entsprechende Länge und ein entsprechend großer Fahrweg der Blendenblätter vorgesehen sein.

Für den Antrieb der Blendenblätter kann wie bei der eingangs erwähnten EP 0 245 768 B1 vorgesehen sein, daß ein Antriebsorgan nacheinander mehrere Blendenblätter verstellt. Vorzugsweise wird jedoch vorgesehen, daß jedes Blendenblatt einen steuerbaren Einzelantrieb aufweist. Dadurch ist es möglich, rechnergesteuert schnelle Formänderungen herbeizuführen, was bei dynamischer Bestrahlung eines Tumors besonders wichtig ist. Dadurch ist eine relativ schnell wechselnde Bestrahlung von verschiedenen Seiten möglich, auch wenn das Bestrahlungsobjekt irregulär geformt ist und ein schneller Wechsel der Kontur erfolgen muß. Dadurch ist es möglich, das umliegende Gewebe maximal zu schonen. Die Einzelantriebe sind auch zweckmäßig, wenn Blendenblätter während der Bestrahlung zeitweise in die Kollimatoröffnung gefahren werden sollen, um die Intensität der Bestrahlung für gewisse Teilbereiche abzuschwächen. Zur Erhöhung der Sicherheit und zur Begrenzung der Anzahl der Antriebe ist es zweckmäßig, wenn diese Einzelantriebe mit der bereits oben erwähnten Zwangskopplung kombiniert werden.

Bevorzugterweise erfolgt die Steuerung *des Kollimators beim Betrieb desselben* über einen Rechner, der die Kontur und Lage der Kollimatoröffnung dem Bestrahlungsobjekt in der jeweiligen Bestrahlungsrichtung anpaßt, wobei der Rechner die Daten von einer Vorrichtung zur Erfassung der Gestalt des Bestrahlungsobjekts erhält und eine Kontrolleinrichtung das Ergebnis der Stellbewegung überprüft. Dabei können die Blendenblätter in einem zweckmäßigerweise verschiebbaren Kollimatorblock gelagert sein, der zur Positionierung der Kollimatoröffnung relativ zum Bestrahlungsobjekt und zur Strahlungsquelle dient. Der Kollimatorblock kann auch entlang einer Mittellinie geteilt sein, wodurch es möglich ist,

WO 00/48203

7

PCT/EP00/00153

diese Hälften getrennt zu verschieben. Werden beide Hälften auseinandergezogen, so läßt sich dadurch die Kollimatoröffnung zusätzlich vergrößern. Weiterhin kann der Kollimatorblock an einer Gantry befestigt sein, wobei eine derartige Relativbewegung zwischen Kollimatorblock und Patienten möglich ist, daß <sup>der Patient</sup> dieser unter Anpassung der Kollimatoröffnung an die

- 5 Gestalt des Bestrahlungsobjekts von allen Seiten bestrahlbar ist. Auf diese Weise läßt sich der Kollimator zum Umkreisen eines zu bestrahlenden Tumors einsetzen, wobei diese Umkreisung nicht nur eine Kreisbewegung zu sein braucht, sondern auch räumlich ausgeführt werden kann. Eine derartige Bestrahlungsmethode ist zwar bekannt, in Kombination mit der Erfindung läßt sie sich jedoch wesentlich besser vornehmen, da
- 10 der erfindungsgemäße Kollimator leichter gebaut und angetrieben werden kann und auch der Rechneraufwand wesentlich vermindert ist. Vor allem erfordert diese Methode eine hohe Sicherheit gegen Fehlfunktionen, welche durch die Zwangskopplung der beiden Antriebe erzielt ist.
- 15 Diese Zwangskopplung des Antriebs der hinteren Teilstücke der Blendenblätter mit dem Stellantrieb für die vorderen Teilstücke kann über ein Getriebe erfolgen. Um mehr Bauraum für die Getriebe zur Verfügung zu haben, kann dabei vorgesehen sein, daß die Getriebe, gegebenenfalls auch die Antriebe, für die Blendenblätter wechselweise bei einem Blendenblatt oberhalb und beim angrenzenden Blendenblatt unterhalb angeordnet
- 20 sind. Dies ist besonders wichtig, wenn die Blendenblätter sehr schmal sein sollen, was für eine exakte Nachbildung der Gestalt des Tumors erforderlich ist. Eine erste Ausgestaltung der Antriebe sieht vor, daß der Stellantrieb für die vorderen Teilstücke derart ausgestaltet ist, daß er letztere sowohl bei einer individuellen Verstellung der Blendenblätter als auch bei einer Verstellung aller oder eines Teils der Blendenblätter gegenüber
- 25 der Strahlungsquelle ausrichtet. Dadurch kann auch der Kollimatorblock insgesamt verfahren werden oder es ist möglich, durch Verstellung der Kollimatorblockhälften diese auseinanderzufahren und dadurch eine größere Kollimatoröffnung zu erreichen. Dadurch können mit einem relativ kleinen Kollimator auch größere Bestrahlungsobjekte behandelt werden, ohne daß auf die erfindungsgemäße Ausrichtung der Vorderkanten
- 30 der Blendenblätter verzichtet werden muß.

Für den Antrieb kann dem hinteren Teilstück eine Blendenzahnstange zugeordnet sein, in die ein Antriebszahnrad eingreift, wobei die dem hinteren Teilstück zugeordnete

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

8

Blendenzahnstange auch als Verzahnung einer Längskante des hinteren Teilstücks der Blendenblätter ausgeführt sein kann.

Um die Blendenblätter gut zu führen, kann vorgesehen sein, daß im Bereich der Verzahnung der Längskante eines hinteren Teilstücks das an dieses angrenzende hintere Teilstück derart in der Höhe versetzt im Kollimatorblock gelagert ist, daß oberhalb der Verzahnung seitlich ein mit dem Kollimatorblock in Verbindung stehendes Führungselement in eine Führungsnut des hinteren Teilstücks eingreifen kann. Auf diese Weise wird eine sichere Führung unmittelbar in der Nähe des Eingriffsbereiches des Zahnrads erzielt, was einer exakten, spielfreien Verschiebung der Blendenblätter dient. Selbstverständlich können weitere Führungen vorgesehen sein, so ist es zum Beispiel möglich, daß die der Verzahnung gegenüberliegende Kante des hinteren Teilstücks ebenfalls geführt wird. Besonders zweckmäßig ist dabei ein in einer Nut der Längskante des hinteren Teilstücks geführtes Führungselement, da dadurch das Blendenblatt auch dann sicher in seiner Position gehalten wird, wenn das angrenzende Blendenblatt eine wesentlich andere Position einnimmt und sich daher nicht unmittelbar anschließt.

Als Antriebsmittel für die Stellbewegung des vorderen Teilstücks kann vorgesehen sein, daß an dieses außerhalb von dessen Drehachse eine Vorderkantenzahnstange angelenkt ist, in die ein Zahnrad eingreift und einen gegenüber dem hinteren Teilstück abweichenden Stellweg erzielt. Der abweichende Stellweg ist derart, daß die entsprechende Ausrichtung der Vorderkante erfolgt. Dies kann zum Beispiel durch separate Antriebe erfolgen. Bevorzugt wird jedoch die mechanische Zwangskopplung.

Eine einfach aufgebaute und sicher funktionierende Ausführungsform sieht dabei vor, daß die Blendenzahnstange und die Vorderkantenzahnstange an einer Längskante des hinteren Teilstücks angeordnet sind und zur Erzielung des abweichenden Stellwegs eine unterschiedliche Teilung aufweisen, wobei ein Zahnrad in beide Zahnstangen eingreift und dabei der Teilungsunterschied im Toleranzbereich der Verzahnung liegt. Für ein unterhalb einer Blende angeordnetes Getriebe ist dabei vorgesehen, daß die Teilung der Vorderkantenzahnstange größer ist als die Teilung der Blendenzahnstange. Für ein oberhalb einer Blende angeordnetes Getriebe muß die Teilung der Vorderkantenzahnstange kleiner sein als die Teilung der Blendenzahnstange. Diese Ausführungsform ist

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

9

selbstverständlich nur beispielhaft, weitere Möglichkeiten sind denkbar, zum Beispiel Spindelantriebe mit unterschiedlichen Steigungen.

5 Die Antriebszahnräder oder die weiteren Zahnräder, die in beide Zahnstangen eingreifen, können im Kollimatorblock gelagert sein, die weiteren Zahnräder auch im Grundgestell. Dabei ist es möglich, daß ein Zahnrad beide Funktionen übernimmt oder daß zwei separate Zahnräder vorgesehen werden.

10 Eine Weiterbildung sieht vor, daß das Antriebszahnrad, welches in eine Antriebszahnstange eingreift, in einem verschiebbaren Kollimatorblock oder zwei verschiebbaren Kollimatorblockhälften und ein weiteres Zahnrad, das in die Blendenzahnstange und die Vorderkantenstange eingreift, auf einem Grundgestell gelagert sind. Auf dem Grundgestell ist der Kollimatorblock insgesamt oder die Kollimatorblockhälften – für je einen Teil der Blendenblätter – verschiebbar. Dabei kann das Grundgestell zwischen  
15 Kollimatorblock und Gantry angeordnet sein, oder es kann sich bei dem Grundgestell um die Gantry selbst handeln. Bei der Antriebszahnstange kann es sich um eine separate Zahnstange handeln oder um eine Weiterführung der Blendenzahnstange gegenüber einer kürzer ausgebildeten Vorderkantenstange. Der Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, daß auch beim Verschieben des Kollimatorblocks oder der  
20 Kollimatorhälften eine einmal justierte Einstellung der Vorderkanten der Blendenblätter zur Strahlungsquelle erhalten bleibt. Das heißt, daß auch bei einer Verstellung des Kollimatorblocks oder der Kollimatorblockhälften die Vorderkanten immer parallel zur Strahlung ausgerichtet sind. Dies wird durch das weitere Zahnrad bewirkt, das in beide Zahnstangen eingreift und dadurch die Zuordnung im gesamten Laufbereich beider  
25 Zahnstangen gewährleistet. Auf diese Weise wird der mögliche Stellbereich und die erzielbare Kollimatoröffnung wesentlich vergrößert.

Selbstverständlich sind noch viele Arten von Steuerungen und von mechanischen Zwangskopplungen möglich. So kann ein Antrieb für die hinteren Teilstücke mit Kulissensteuerungen für die Stellbewegung der vorderen Teilstücke verbunden sein. Derartige Kulissensteuerungen können ebenfalls verschieden ausgestaltet werden. So kann die Kulissenführung mit der Lagerung des Antriebszahnrades in fester Verbindung und das Gleitstück mit dem vorderen Teilstück in Wirkverbindung stehen. Es ist jedoch auch möglich, daß die Kulissenführungen mit einem Grundgestell in fester Verbindung

✓ der Kulissensteuerung

● *V* des vorderen Teilstücks ●

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

10

stehen und verschiebbare Kollimatorblockhälften – für je einen Teil der Blendenblätter – mit den Lagerungen der Antriebszahnräder in fester Verbindung stehen. Eine konkrete Ausgestaltung einer Kulissenführung sieht vor, daß das Gleitstück an einem Seilzug befestigt ist, der zum vorderen Teilstück geführt und mit einem Ende oberhalb und dem anderen Ende unterhalb <sup>der</sup> ~~seiner~~ gedachten Drehachse <sup>V</sup> befestigt ist. Eine weitere Ausführungsmöglichkeit besteht darin, daß das Gleitstück an einem hinteren Ende eines doppelarmigen Hebels befestigt ist, wobei der Hebel mit seiner Drehachse auf dem hinteren Teilstück gelagert und mit seinem vorderen Ende im hinteren Bereich des vorderen Teilstücks zur Ausführung der Stellbewegung angreift.

10

Zweckmäßigerweise ist an mindestens einer, vorzugsweise an beiden Längskanten jedes hinteren Teilstücks eine Führung vorgesehen. Diese kann beispielsweise derart ausgestaltet sein, daß an der Längskante eine Nut eingearbeitet ist, in der ein Führungselement des Kollimatorblocks gleitet. Weitere Möglichkeiten von Führungen sind denkbar, wobei gewährleistet sein muß, daß ein Blendenblatt auch dann sicher geführt ist, wenn das angrenzende Blendenblatt derart stark verschoben ist, daß das Blendenblatt an dieser Stelle freiliegt.

15

Weiterhin kann vorgesehen sein, daß die Blendenblätter als Kompensatormittel zur Erzeugung unterschiedlicher Strahlungsintensität dienen, indem sie während der Bestrahlung zeitweise in die Kollimatoröffnung einfahrbar sind. Auf diese Weise können separate Kompensatormittel eingespart werden, welche selbstverständlich ebenfalls mit dem erfindungsgemäßen Kollimator kombinierbar sind.

20

Die der Erfindung zugrundeliegende Problematik und Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand von Prinzipskizzen erläutert. Es zeigen

25

Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau eines Bestrahlungsgeräts in dem der erfindungsgemäße Kollimator beispielsweise Anwendung finden kann,

30

Fig. 2 eine Kollimatoröffnung eines Multileaf-Kollimators,

Fig. 3a das Prinzip der Entstehung eines Halbschattens bei Kollimatoren nach dem Stand der Technik,

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

## 11

- Fig. 3b** das Prinzip der Vermeidung eines Halbschattens beim erfindungsgemäßen Kollimator,
- Fig. 3c** partielle Halbschattenvermeidung durch eine trapezförmige Ausgestaltung der Blendenblätter,
- Fig. 4** das Prinzip eines erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels,
- Fig. 5a und 5b** Zahnteilungen dieses Ausführungsbeispiels,
- Fig. 6** eine Anlenkung eines vorderen Teilstücks eines Blendenblattes,
- Fig. 7** eine Anordnung von Blendenblättern,
- Fig. 8** eine Lagerung von Blendenblättern,
- Fig. 9a und 9b** ein zweites Ausführungsbeispiel,
- Fig. 10a und 10b** ein drittes Ausführungsbeispiel
- Fig. 11** ein viertes Ausführungsbeispiel und
- Fig. 12** eine weitere Ausgestaltungsform des zweiten Ausführungsbeispiels.
- Fig. 1** zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Bestrahlungsgeräts, in dem der erfindungsgemäße Kollimator 1 beispielsweise Anwendung finden kann. Der Kollimator 1 befindet sich an einem Kollimatorblock 19, welcher in einer Gantry 41 gelagert ist. Die Gantry 41 enthält die Strahlungsquelle 3, wobei die Strahlung beispielsweise durch einen Linearbeschleuniger 43 erzeugt wird. Die Gantry 41 ist um eine horizontale Rotationsachse 44 drehbar, wobei die Strahlen 2 auf ein Bestrahlungsobjekt 20, beispielsweise einen Tumor, gerichtet sind. Das Bestrahlungsobjekt 20 befindet sich im Isozentrum der Strahlen 2, wobei Strahlungsquelle 3 und Kollimator 1 durch die Rotation der Gantry 41 den Patienten 46 umkreisen. Gleichzeitig kann eine Rotation des Behand-

WO 00/48203

12

PCT/EP00/00153

lungstischs 42 um eine Rotationsachse 45 stattfinden, um eine weitere Änderung der Einstrahlung der Strahlen 2 auf das Behandlungsobjekt 20 des Patienten 46 vorzunehmen. Selbstverständlich sind noch weitere Stellbewegungen denkbar. Der Sinn besteht darin, daß durch die unterschiedlichen Bestrahlungsrichtungen das Behandlungsobjekt 20 eine maximale Bestrahlung erfährt, jedoch das umliegende Gewebe maximal geschont wird, da es immer nur kurzzeitig den Strahlen 2 ausgesetzt ist. Außerdem ist es oft erforderlich, daß bestimmte Bereiche des Körpers, wie beispielsweise das Rückenmark oder Organe, von der Bestrahlung möglichst völlig verschont und daher bei der Wahl der Bestrahlungsrichtungen ausgespart werden. Die Strahlen 2 werden außerdem von der Kollimatoröffnung 18 derart geformt, daß sie beim Bestrahlungsobjekt 20 in dessen Form eintreffen, wodurch das umliegende Gewebe geschont wird. Das Profil des Tumors wird beispielsweise durch eine Computer-Tomographie-Aufnahme erfaßt. Diese Daten werden derart umgesetzt, daß der Kollimator 1 eine dieser Form entsprechende Kollimatoröffnung 18 ausbildet und gegebenenfalls auch innerhalb des Bestrahlungsobjektes 20 mit verschiedenen Intensitäten bestrahlt wird. Form und Intensität werden für jede Bestrahlungsrichtung errechnet und eingestellt.

Fig. 2 zeigt eine Kollimatoröffnung 18 eines Multileaf-Kollimators. Die Erfindung betrifft einen derartigen Kollimator 1 mit den bereits oben erwähnten und in den weiteren Figuren dargestellten und erläuterten Verbesserungen. Das Wesen der Erfindung besteht darin, daß die Blendenblätter 4 und 4' eine der Gestalt des Behandlungsobjekts 20 entsprechende Kollimatoröffnung 18 erzeugen können, ohne daß ein Halbschatten 47 auftritt. Dies wird weiter unten näher erläutert. Anhand der Figur 2 ist das Prinzip eines als Multileaf-Kollimator ausgebildeten Kollimators 1 erkennbar, der mit Hilfe von Blendenblättern 4, 4' die Gestalt eines Tumors durch die Blendenöffnung 18 nachbildet. Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sehen dabei vor, daß die Blendenblätter 4 und 4' über die Mittellinie 17 der möglichen maximalen Kollimatoröffnung 18 geschoben werden können. Dies ist beispielsweise bei einer Form des Bestrahlungsobjektes 20 notwendig, das eine U-Form oder ähnliche Formen aufweist, die nur dann nachgebildet werden können, wenn die Blendenblätter 4 und 4' über die Mittellinie 17 gehen. Außerdem läßt sich dadurch ein Schließen der Blendenblätter 4 und 4' erzielen, wie dies am linken und rechten Rand dargestellt ist. Dabei stoßen die Blendenblätter nicht in der Mittellinie 17 aufeinander, sondern sind reißverschlußartig verzahnt, damit die Leckstrahlung in diesem Bereich vermindert ist.



WO 00/48203

PCT/EP00/00153

13

Fig. 3a zeigt das Prinzip der Entstehung eines Halbschattens 47 bei Kollimatoren nach einem Teil des Standes der Technik. Dort weisen die Blendenblätter 4 und 4' gerade Vorderkanten 5 und 5' auf. Fallen von einer im wesentlichen punktförmigen Strahlungsquelle 3 kommende Strahlen 2 durch die Kollimatoröffnung 18 hindurch, so muß ein Teil dieser Strahlen 2 durch die gesamte Materialstärke hindurch und ein anderer Teil der Strahlen berührt das Material nicht. Im Zwischenbereich treten die Strahlen nur durch einen Teil des Materials der Blendenblätter 4, 4' hindurch und werden teilweise absorbiert, was mit Halbschatten 47 bezeichnet wird. Dieser Halbschatten 47 wird um so größer, je mehr die Blendenblätter 4 und 4' durch die Stellbewegung 48 auseinanderbewegt werden. Auf Grund dieses Halbschattens 47 wird außer dem Bestrahlungsobjekt 20 auch ein Umfeld dieses Bestrahlungsobjektes 20 mit verminderten Strahlen 2 bestrahlt. Dadurch kommt es zu Schädigungen des umliegenden Gewebes des Patienten 46, die vermieden werden sollen. Auch bei gerundeten Vorderkanten 5, 5' oder bei in Stufenform übereinander angeordneten Blendenblättern 4, 4' kann eine solche Halbschattenbildung zwar reduziert, jedoch nicht beseitigt werden.

Fig. 3b zeigt das Prinzip der Vermeidung eines Halbschattens 47 beim erfindungsgemäßen Kollimator 1. Durch die Erfindung sind die Blendenblätter 4 und 4', obwohl sie geradlinig verschiebbar sind, derart ausgebildet, daß ihre Vorderkanten 5 und 5' immer parallel zu den Strahlen 2 ausgerichtet sind. Auf diese Weise ist gewährleistet, daß ein Strahl 2 entweder voll durch die Kollimatoröffnung 18 hindurchgeht und dann auf das Bestrahlungsobjekt 20 trifft oder von der gesamten Materialstärke der Blendenblätter 4 und 4' absorbiert wird. Da die Ausrichtung der Vorderkanten 5 und 5' entsprechend der Stellbewegung 48 der Blendenblätter 4 und 4' erfolgt, wird diese Verhinderung eines Halbschattens 47 bei allen Öffnungsweiten der Kollimatoröffnung 18 gewährleistet.

Fig. 3c zeigt eine partielle Halbschattenvermeidung durch eine Ausgestaltung der Blendenblätter 4 und 4' in asymmetrischer Trapezform 13. Die Blickrichtung auf den Kollimator 1 ist gegenüber den Darstellungen der Fig. 3a und 3b um 90° gedreht und auf die Vorderkanten 5, 5' gerichtet. Mit der dargestellten Ausbildung wird vermieden, daß die Seitenflächen 14 der Blendenblätter 4, 4' und die seitlichen Begrenzungen 16 einen Halbschatten 47 erzeugen. Dabei weisen die Blendenblätter 4 und 4' eine derartige asymmetrische Trapezform 13 auf, daß bei jedem Blendenblatt 4, 4' die beiden Seiten-

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

## 14

flächen 14 parallel zu den Strahlen 2 verlaufen. Auch die Innenflächen 15 der seitlichen Begrenzungen 16 weisen eine entsprechende Ausrichtung auf, wobei sie dadurch lückenlos an die Seitenflächen 14 der äußeren Blendenblätter 4 und 4' angefügt sind.

- 5 Die Fig. 3c zeigt die beiden äußeren Blendenblätter 4 und 4' geschnitten, da sie geschlossen sind. Die anderen Blendenblätter 4, 4' sind mehr oder weniger geöffnet und bilden dadurch die Kollimatoröffnung 18. Eine entsprechende Ausgestaltung der Blendenblätter 4, 4' war im Stand der Technik bereits bekannt, hat jedoch zu Funktionsproblemen geführt, die eingangs erläutert wurden. Erst durch die erfindungs-  
10 gemäße Ausgestaltung der Blendenblätter 4 und 4' ist es möglich, trotz der asymmetrischen Trapezformen 13 ein einwandfreies Funktionieren zu garantieren, ohne daß dies durch große Toleranzen erkauf werden muß oder ein weiterer Satz von Blendenblättern, der um 90° versetzt angeordnet ist, in den Strahlengang 2 eingreifen muß. Auf diese Weise ist es möglich, die in der Fig. 3b dargestellte Maßnahme und die in der Fig.  
15 3c dargestellte Maßnahme gleichzeitig bei denselben Blendenblättern 4 und 4' vorzusehen. Darin besteht eine wesentliche Überlegenheit gegenüber dem Stand der Technik.

- Fig. 4 zeigt das Prinzip eines erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels des Kollimators 1. Die Blendenblätter 4 und 4' bestehen aus hinteren Teilstücken 6 und 6' und  
20 vorderen Teilstücken 7 und 7'. Letztere sind als halbkreisförmige Körper 8 und 8' ausgebildet, die in korrespondierenden Ausnehmungen 9 und 9' der hinteren Teilstücke 6 und 6' der Blendenblätter 4 und 4' gelagert sind. Eine derartige Lagerung kann beispielsweise darin bestehen, daß die vorderen Teilstücke 7 und 7' an der Halbkreisform eine Nut 56 aufweisen, in die die hinteren Teilstücke 6 und 6' mit einer entsprechenden Abstufung im Bereich der korrespondierenden Ausnehmungen 9 und 9' derart  
25 eingreifen, daß die volle Materialstärke gewährleistet ist. Für eine unverlierbare Lagerung dieser vorderen Teilstücke 7 und 7' sind Haltezapfen 49 vorgesehen, die in entsprechenden Langlöchern 50 laufen. Die Länge der Langlöcher 50 entspricht dem Stellbereich. Werden die Blendenblätter 4 und 4' entsprechend den Pfeilen 48 verschoben, so werden gleichzeitig die vorderen Teilstücke 7 und 7' um eine gedachte Dreh-  
30 achse 36 derart gedreht, daß die Vorderkanten 5 und 5' immer parallel zu den Strahlen 2 ausgerichtet sind. Dies bedeutet, daß die Vorderkanten 5 und 5' im Bereich der Mittellinie 17 der möglichen Kollimatoröffnung 18 senkrecht sind und bei Entfernung von dieser Mittellinie 17 in der einen oder anderen Richtung derart ausgerichtet werden, daß

WO 00/48203

15

PCT/EP00/00153

- sie zur Strahlungsquelle 3 weisen. Um diese Stellbewegungen zu gewährleisten, müssen die vorderen Enden 12 der hinteren Teilstücke 6 und 6' entsprechend zurückversetzt sein, derart, daß sich die Vorderkanten 5 und 5' erst bei maximaler Verstellung im Bereich dieser vorderen Enden 12 befinden. Zweckmäßigerweise ist die Höhe 12 der hinteren Teilstücke 6 und 6' ungefähr so groß wie der Durchmesser 11 der halbkreisförmigen Körper 8 und 8'. Dadurch ist immer dieselbe Materialstärke gewährleistet, und diese Ausführungsform hat auch den Vorteil, daß die vorderen Teilstücke 7 und 7' oben wie unten immer dieselbe Höhe bilden, wie die hinteren Teilstücken 6 und 6'.
- 10 Die Fig. 4 zeigt weiterhin ein Getriebe für die Blendenblätter 4 und 4', welches gewährleistet, daß die Vorderkanten 5 und 5' in jeder Position der Blendenblätter 4 und 4' richtig ausgerichtet sind. Dies erfolgt durch eine mechanische Zwangskopplung, die darin besteht, daß ein Antriebszahnrad 23 sowohl in eine Blendenzahnstange 21 als auch in eine Vorderkantenzahnstange 22 eingreift, wobei diese Zahnstangen 21 und 22 15 derart unterschiedliche Teilungen 52, 53 oder 54 (siehe Fig. 5a und b) aufweisen, daß die erforderlichen unterschiedlichen Stellbewegungen erzielt sind. Selbstverständlich muß dabei gewährleistet sein, daß die unterschiedlichen Teilungen 52, 53 oder 54 im Toleranzbereich der Verzahnung mit dem Antriebszahnrad 23 liegen, so daß keine Verklemmung eintreten kann. Der Pfeil 51 zeigt die Drehrichtung der Antriebszahnrad 23 und die Pfeile 48 die durch diese Antriebsrichtung hervorgerufenen Stellbewegungen der Blendenblätter 4 und 4'. Dabei nimmt in der Figur 4 das Blendenblatt 4 die maximale Öffnungsstellung 64 und das Blendenblatt 4' den maximalen Overtravel 63 ein. Letzteres ist die maximale Überschreitung der Mittellinie 17. Durch diesen Overtravel ist es möglich, durch die Kollimatoröffnung 18 jede Gestalt eines Tumors 20 25 nachzubilden, die in der Größenordnung bis zur maximalen Kollimatoröffnung 18 liegt.

- Die Anordnung der Antriebe in der Fig. 4 ist lediglich ein Beispiel, sie erfolgt am unteren Ende der Blendenblätter 4 und 4'. Es ist ebenso möglich, diese Antriebe 23, 21, 22 im oberen Bereich anzuordnen oder wechselweise an einem Blendenblatt 4 oder 4' 30 unten und am angrenzenden Blendenblatt 4 oder 4' oben, um dadurch mehr Raum für die Anordnung dieser Antriebe zu erzielen. Bei der Ausgestaltung der Fig. 4 sind die Zähne der Blendenzahnstange 21 in eine Längskante 37 (siehe Fig. 7) eines hinteren Teilstücks 6 oder 6' eingefräst. Diese eingefräste Blendenzahnstange 21 weist in der Mitte eine Nut 66 auf, in der sich die Vorderkantenzahnstange 22 befindet (Fig. 8).

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

## 16

Diese ist mittels einer Anlenkung 57 mit dem vorderen Teilstück 7, 7' schwenkbar verbunden und kann dadurch die Stellbewegung vermitteln. Da die Blendenzahnstange 21 und die Vorderkantenzahnstange 22 unterschiedliche Teilungen 52, 53, 54 aufweisen, sorgt das Antriebszahnrad 23 für unterschiedliche Vorschübe. Es ist möglich, mit Hilfe der Teilungsunterschiede die Vorschubsdifferenz zu bestimmen.

Die unterschiedlichen Zahnteilungen 52, 53, 54 sind in Fig. 5a und 5b dargestellt. Die Fig. 5a zeigt die Teilungen 52, 54 von Blendenzahnstange 21 und Vorderkantenzahnstange 22, wenn diese oberhalb der Blendenblätter 4 und 4' angeordnet sind. Für diesen Fall ist die Teilung 52 der Blendenzahnstange 21 größer als die Teilung 54 der Vorderkantenzahnstange 22. Dadurch wird erreicht, daß die Blendenzahnstange 21 einen größeren Vorschub erhält als die Vorderkantenzahnstange 22. Wird also das hintere Teilstück 6, 6' in Richtung des Doppelpfeils 48 bewegt, so ist dessen Stellbewegung etwas größer als die der oberhalb angeordneten Vorderkantenzahnstange 22, und das vordere Teilstück 7, 7' wird derart gedreht, daß die Vorderkante 5, 5' parallel zu den Strahlen 2 verläuft. Diese Ausrichtung ist in jeder Position gewährleistet, auch wenn die Mittellinie 17 überschritten wird. Die Fig. 5b zeigt, daß die Teilung 52 der Blendenzahnstange 21 bei einer Anordnung unterhalb der Blendenblätter 4 und 4' kleiner ist als die Teilung 53 der Vorderkantenzahnstange 22. Die Funktion ist die gleiche, wie soeben beschrieben, mit dem Unterschied, daß bei dieser Anordnung für eine entsprechende Ausrichtung der Vorderkanten 5 und 5' der Vorschub der Vorderkantenzahnstange 22 größer sein muß als die der Blendenzahnstange 21.

Selbstverständlich sind auch andere Anordnungen möglich. Beispielsweise können die Zahnstangen 21 und 22 auch an rückwärtigen Verlängerungen der Blendenblätter 4 oder 4' angeordnet sein, und es ist auch möglich, ein gesondertes Antriebszahnrad 23 vorzusehen, um die Zuordnung der Vorschübe für die beiden Zahnstangen 21 und 22 durch ein leerlaufendes Zahnrad 24 zu gewährleisten.

Fig. 6 zeigt eine Anlenkung eines vorderen Teilstücks 7 oder 7' an ein hinteres Teilstück 6 oder 6' eines Blendenblattes 4 oder 4'. Dabei ist zu sehen, wie die Vorderkantenzahnstange 22 in einer Nut 66 geführt ist, die in der Mitte der Blendenzahnstange 21 eingefräst wurde. Dadurch sind beide Verzahnungen auf gleicher Höhe, damit ein Zahnrad 23 oder 24 in beide Verzahnungen eingreifen kann. Da die Blendenzahnstange 21 in

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

17

eine Längskante 37 eines hinteren Teilstücks 6 oder 6' unmittelbar einge­fräst ist, wird diese Stellbewegung unmittelbar auf dieses hintere Teilstück 6 oder 6' übertragen. Zur Durchführung der Stellbewegung der vorderen Teilstücke 7 und 7' ist die Vorderkanten­zahnstange 22 durch eine Anlenkung 57 an das vordere Teilstück 7 oder 7' schwenkbar angebracht und vermittelt dadurch die Stellbewegung.

Fig. 7 zeigt eine versetzte Anordnung der hinteren Teilstücke 6 oder 6' der Blenden­blätter 4 oder 4'. Diese versetzte Anordnung dient der Unterbringung von Führungen 38, welche mittels Nuten 26 und 39 erfolgt. Derartige Nuten 26, 39 können entweder in die Seitenflächen 14 oder in die Längskanten 37 einge­fräst sein.

Fig. 8 zeigt die Anordnung derartiger Führungen 38 sowie die Anordnung eines Antriebszahn­rades 23 oder eines Zahn­rades 24 sowie der Blendenzahnstange 21 und der Vorderkanten­zahnstange 22. Eine erste Führung 38 besteht darin, daß in die Längskante 37 des hinteren Teilstücks 6 oder 6' eine Nut 39 einge­fräst ist, in der ein Führungselement 40 des Kollimatorblocks 19 läuft. Eine weitere Führung 38 besteht aus einer Führungsnut 26, die sich in der Seitenfläche 14 eines hinteren Teilstücks 6 oder 6' befindet. Auch in diese Führungsnut 26 greift ein Führungselement 25 des Kollimatorblocks 19 ein. Dabei ist die Führungsnut 26 an dem Ende des hinteren Teilstücks 6 oder 6' angeordnet, an dem sich auch die Blendenzahnstange 21 befindet. Die Blendenzahnstange 21 ist in eine Längskante 37 des hinteren Teilstücks 6 oder 6' einge­fräst. Im mittleren Bereich dieser Blendenzahnstange 21 befindet sich eine Nut 66, in welcher die Vorderkanten­zahnstange 22 derart gelagert ist, daß in deren Verzahnung genauso wie in die Verzahnung der Blendenzahnstange 21 ein Zahnrad 24 oder 23 eingreift. Dabei werden aufgrund der unterschiedlichen Teilungen verschiedene Vorschübe erzielt, wie dies oben beschrieben ist.

Die Fig. 9a und 9b zeigen ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung, das sich vom ersten Ausführungsbeispiel dadurch unterscheidet, daß sich im vorderen Bereich des hinteren Teilstücks 6 oder 6' eine Antriebszahnstange 55 und ein Antriebszahnrad 23 befindet und die Blendenzahnstange 21 sowie die Vorderkanten­zahnstange 22 im hinteren Bereich angeordnet sind. Dabei greift ein lose laufendes Zahnrad 24 in beide Zahnstangen 21 und 22 ein, um der Vorderkanten­zahnstange 22 den abweichenden Vorschub zu vermitteln. In diesem Ausführungsbeispiel ist das Antriebszahnrad 23 in einem

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

18

Kollimatorblock 19 oder in einer Kollimatorblockhälfte gelagert, der/die gegenüber einem Grundgestell 58 verschiebbar ist. Das weitere Zahnrad 24 ist über eine Lagerung 59 mit dem Grundgestell 58 verbunden. Der Zweck dieser Anordnung besteht darin, daß die einmal in der richtigen Ausrichtung justierten Vorderkanten 5 und 5' auch dann  
5 parallel zu den Strahlen 2 ausgerichtet bleiben, wenn der gesamte Kollimatorblock 19 gegenüber der Strahlungsquelle 3 verschoben wird oder wenn zwei Kollimatorblockhälfen zur Vergrößerung der Kollimatoröffnung auseinandergeschoben werden. Dies ist dadurch gezeigt, daß sich der Kollimatorblock 19 in der Fig. 9a in einer ersten Position zur Mittellinie 17 befindet und in der Fig. 9b in einer zweiten Position, wobei er in  
10 Richtung des Pfeils 60 verschoben wurde. Durch diese Verschiebung hat sich mit Hilfe der dargestellten Mechanik der Winkel  $\alpha_2$  des vorderen Teilstücks 7 oder 7' derart verändert, daß die Vorderkanten 5 oder 5' auch in der neuen Position parallel zu den Strahlen 2 verlaufen. Es ist ersichtlich, daß die Vorderkante 5 oder 5' in der Fig. 9b einen größeren Abstand zur Mittellinie 17 aufweist als in der Fig. 9a und sich der  
15 Winkel von  $\alpha_1$  durch das Verschieben zu  $\alpha_2$  vergrößert hat.

Die Antriebszahnstange 55 im vorderen Bereich kann dabei identisch mit der Verzahnung der Blendenzahnstange 21 sein oder eine andere Teilung oder Zahngröße aufweisen. Auf jeden Fall ist erforderlich, daß die Vorderkantenzahnstange 22 in diesem  
20 Bereich keine Zähne aufweist und so tief in der Nut 66 liegt, daß das Antriebszahnrad 23 in der Antriebszahnstange 55 laufen kann und die Vorderkantenzahnstange 22 in diesem Bereich frei verschiebbar ist.

Die Fig. 10a und 10b zeigen ein drittes Ausführungsbeispiel, bei dem die Stellbewegung der vorderen Teilstücke 7 und 7' durch eine Kulissensteuerung bewirkt wird.  
25 Auch bei diesem Ausführungsbeispiel ist an den hinteren Teilstücken 6 oder 6' eine Antriebszahnstange 55 angebracht, welche mittels eines Antriebszahnrad 23 der Stellbewegung dieses hinteren Teilstücks 6 oder 6' dient. Der Erzeugung der Stellbewegung des vorderen Teilstücks 7 oder 7' dient eine Kulissenführung 27, die durch eine feste  
30 Verbindung 61 mit dem Antriebszahnrad 23 verbunden ist. In dieser Kulissenführung 27 läuft ein Gleitstück 28, welches an einem Seilzug 29 befestigt ist. Dieser Seilzug 29 ist mit einem Ende 30 oberhalb der gedachten Drehachse 36 am vorderen Teilstück 7 oder 7' befestigt und mit dem anderen Ende 31 unterhalb dieser gedachten Drehachse 36.

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

19

Die Fig. 10a und 10b zeigen den möglichen Stellbereich, wobei die Fig. 10a die Position des maximalen Overtravels 63 zeigt und die Fig. 10b die maximale Öffnung 64. Wird durch das Antriebszahnrad 23 dem hinteren Teilstück 6 oder 6' die Stellbewegung 48 vermittelt, so wird das Gleitstück 28 durch die Kulissenführung 27 in Richtung des Pfeils 65 verschoben.

Fig. 11 zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel, das sich von dem dritten Ausführungsbeispiel dadurch unterscheidet, daß sich das Gleitstück 28 am Ende eines doppelarmigen Hebels 32 befindet. Der Hebel 32 ist mittels einer Drehachse 33 an dem hinteren Teilstück 6 oder 6' angelenkt. Am vorderen Ende 35 ist der doppelarmige Hebel 32 schwenkbar an dem vorderen Teilstück 7 oder 7' angelenkt und zwar in dem hinteren Bereich, also von der gedachten Drehachse 36 entfernt.

Bei diesem Ausführungsbeispiel wird der doppelarmige Hebel 32 durch die Kulissenführung 27 geschwenkt und führt dabei die Stellbewegung aus, welche zur entsprechenden Ausrichtung der Vorderkanten 5 oder 5' der Blendenblätter 4 oder 4' führt. Für die Unterbringung des doppelarmigen Hebels 32 muß allerdings eine gewisse Aussparung in den hinteren Teilstücken 6 oder 6' vorgesehen sein. Die Fig. 11 zeigt auf der einen Seite den maximalen Overtravel 63 und auf der anderen Seite die maximale Öffnung 64.

Fig. 12 zeigt eine weitere Ausgestaltungsform des Ausführungsbeispiels der Fig. 10a und b. Der Unterschied besteht darin, daß die Kulissenführungen 27 mit dem Grundgestell 58 und die Antriebszahnräder 23 mit dem Kollimatorblock 19 oder Kollimatorblockhälften verbunden sind. Auf diese Weise läßt sich die Kollimatoröffnung 18 ebenfalls vergrößern. Die Kulissenführungen 27 müssen dann eine Länge aufweisen, welche dem gesamten Stellweg entspricht, also dem Stellweg der Blendenblätter 4, 4' und dem Stellweg der Kollimatorblockhälften. Auch die in Fig. 11 gezeigte Ausführungsform läßt sich in entsprechender Weise abwandeln.

30

Die dargestellten Ausgestaltungen sind selbstverständlich nur beispielhaft, insbesondere bezüglich der Zwangskopplung, jedoch auch bezüglich der Antriebe und der Ausgestaltung der beiden Teilstücke der Blendenblätter sind weitere Ausführungsformen denkbar.

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

20

**Kollimator zum Begrenzen eines Bündels energiereicher Strahlen****Bezugszeichenliste**

- |       |  |
|-------|--|
| 1     | Kollimator   |
| 2     | Strahlen   |
| 3     | Strahlungsquelle                                       |
| 4, 4' | Blendenblätter   |
| 5, 5' | Vorderkanten der Blendenblätter                        |
| 6, 6' | hinteres Teilstück der Blendenblätter                  |
| 7, 7' | vorderes Teilstück der Blendenblätter                  |
| 8, 8' | halbkreisförmiger Körper                               |
| 9, 9' | korrespondierende Ausnehmungen                         |
| 10    | Höhe des hinteren Teilstücks                           |
| 11    | Durchmesser des halbkreisförmigen Körpers              |
| 12    | vordere Enden des hinteren Teilstücks                  |
| 13    | asymmetrische Trapezformen                             |
| 14    | Seitenflächen der Blendenblätter                       |
| 15    | Innenflächen der seitlichen Begrenzungen               |
| 16    | seitliche Begrenzungen der möglichen Kollimatoröffnung |
| 17    | Mittellinie der möglichen Kollimatoröffnung            |
| 18    | Kollimatoröffnung                                      |
| 19    | Kollimatorblock  |
| 20    | Bestrahlungsobjekt (Tumor)                             |
| 21    | Blendenzahnstange                                      |
| 22    | Vorderkantenzahnstange                                 |
| 23    | Antriebszahnrad  |



WO 00/48203

PCT/EP00/00153

## 21

- 24 Zahnrad
- 25 Führungselement
- 26 Führungsnut
- 27 Kulissenführung
- 28 Gleitstück
- 29 Seilzug
- 30 ein Ende des Seilzugs
- 31 anderes Ende des Seilzugs
- 32 doppelarmiger Hebel
- 33 Drehachse des doppelarmigen Hebels
- 34 hinteres Ende des doppelarmigen Hebels
- 35 vorderes Ende des doppelarmigen Hebels
- 36 gedachte Drehachse
- 37 Längskante des hinteren Teilstücks
- 38 Führung
- 39 Nut
- 40 Führungselement
- 41 Gantry
- 42 Behandlungstisch
- 43 Linearbeschleuniger
- 44 horizontale Rotationsachse der Gantry
- 45 Rotationsachse des Behandlungstisches
- 46 Patient
- 47 Halbschatten
- 48 Pfeil: Stellbewegung der Blendenblätter
- 49 Haltezapfen

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

22

- 50 Langloch
- 51 Pfeil: Drehrichtung des Antriebszahnrades
- 52 Teilung der Blendenzahnstange
- 53 Teilung einer unterhalb einer Blende angeordneten Vorderkantenzahnstange
- 54 Teilung einer oberhalb einer Blende angeordneten Vorderkantenzahnstange
- 55 Antriebszahnstange
- 56 Nut zur Führung eines vorderen Teilstücks in einem hinteren Teilstück
- 57 Anlenkung der Vorderkantenzahnstange an das vordere Teilstück
- 58 Grundgestell
- 59 Lagerung des weiteren Zahnrads
- 60 Pfeil: Verschiebung des Kollimatorblocks
- 61 feste Verbindung: Kulissenführung – Antriebszahnrad
- 62 Umlenkrollen
- 63 maximaler Overtravel eines Blendenblattes
- 64 maximale Öffnung eines Blendenblattes
- 65 Pfeil: Stellbewegung des Gleitstücks 28
- 66 Nut

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

23

## Kollimator zum Begrenzen eines Bündels energiereicher Strahlen

## Patentansprüche

*Multileaf=*

1. Kollimator (1) zum Begrenzen eines Bündels energiereicher Strahlen (2), das von einer im wesentlichen punktförmigen Strahlungsquelle (3) ausgehend auf ein Behandlungsobjekt (20) gerichtet ist und insbesondere der stereotaktischen Konformationsbestrahlung von Tumoren dient, wobei der Kollimator (1) eine Vielzahl einander gegenüberliegender Blendenblätter (4, 4') aus strahlungsabsorbierendem Material enthält, welche durch Antriebe derart in den Strahlengang bringbar sind, daß dieser bezüglich seiner Kontur ~~und/oder Einwirkungszeit~~ beliebig begrenzbar ist und dabei die Vorderkanten (5, 5') der Blendenblätter (4, 4') immer parallel zum Strahlengang ausgerichtet sind,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Blendenblätter (4, 4') aus einem geradlinig verschiebbar gelagerten hinteren Teilstück (6, 6') und einem an diesem angelenkten vorderen Teilstück (7, 7') bestehen, wobei das vordere Teilstück (7, 7') <sup>eines jeden Blendenblattes (4, 4')</sup> durch Antriebsmittel eine derartige, der jeweiligen Position des <sup>jeweiligen</sup> hinteren Teilstücks (6, 6') zugeordnete Stellbewegung erfährt, daß die Vorderkanten (5, 5') immer parallel zum Strahlengang ausgerichtet sind *und*

2. Kollimator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

daß die Anlenkung des vorderen Teilstücks (7, 7') an das hintere Teilstück (6, 6') derart erfolgt, daß dadurch keine nennenswerte Unterbrechung des Volumens des strahlungsabsorbierenden Materials eintritt.

2.

2. Kollimator nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Antriebsmittel derart ausgebildet sind, daß eine mechanische Zwangskopplung zu jeder Position des hinteren Teilstücks (6, 6') die zugehörige Ausrichtung des vorderen Teilstücks (7, 7') und damit der Vorderkanten (5, 5') garantiert.

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

24

3.  
8. Kollimator nach Anspruch <sup>1</sup> ~~1~~ oder <sup>2</sup> ~~2~~,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die vorderen Teilstücke (7, 7') im wesentlichen halbkreisförmige Körper (8, 8') sind, die in korrespondierenden Ausnehmungen (9, 9') am vorderen Ende der hinteren Teilstücke (6, 6') unverlierbar gelagert sind, wobei die Stellbewegung eine Schwenkung um die im Mittelpunkt der Kreislinie liegende gedachte Drehachse (36) ist.

4.  
8. Kollimator nach Anspruch <sup>3</sup> ~~4~~,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Höhe (10) des hinteren Teilstücks (6, 6') im wesentlichen dem Durchmesser (11) des halbkreisförmigen Körpers (8, 8') entspricht und die vorderen Enden (12) des hinteren Teilstücks (6, 6') derart zurückversetzt sind, daß jede erforderliche Schrägstellung der Vorderkanten (5, 5') der Blendenblätter (4, 4') möglich ist.

5.  
8. Kollimator nach einem der Ansprüche 1 bis <sup>4</sup> ~~5~~,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Querschnitte der Blendenblätter (4, 4') eine derartige asymmetrische Trapezform (13) aufweisen, daß deren Seitenflächen (14) in etwa parallel zum Strahlengang verlaufen und daß die Innenflächen (15) der an die äußeren Blendenblätter anschließenden seitlichen Begrenzungen (16) derart schräg verlaufen, daß sie an diese äußeren Blendenblätter (4, 4') lückenfrei anschließen.

6.  
8. Kollimator nach Anspruch <sup>5</sup> ~~6~~,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die vorderen Teilstücke (7, 7') soviel seitliches Spiel aufweisen, daß deren Stellbewegung trotz der Trapezform (13) möglich ist.

7.  
8. Kollimator nach einem der Ansprüche 1 bis <sup>6</sup> ~~7~~,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Blendenblätter (4, 4') über die Mittellinie (17) der möglichen Kollimatoröffnung (18) hinaus verschiebbar sind.

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

25

8.  
Kollimator nach einem der Ansprüche 1 bis <sup>7</sup>~~8~~,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß jedes Blendenblatt (4 oder 4') einen steuerbaren Einzelantrieb aufweist.
9.  
~~10.~~ Kollimator nach einem der Ansprüche 1 bis <sup>8</sup>~~9~~,  
dadurch gekennzeichnet, *des Kollimators (1) beim Betrieb desselben*  
daß die Steuerung über einen Rechner erfolgt, der die Kontur und Lage der  
Kollimatoröffnung (18) dem Bestrahlungsobjekt (20) in der jeweiligen Bestrah-  
lungsrichtung anpaßt, wobei der Rechner die Daten von einer Vorrichtung zur  
Erfassung der Gestalt des Bestrahlungsobjektes (20) erhält und eine Kontrollein-  
richtung das Ergebnis der Stellbewegung überprüft.
10.  
~~11.~~ Kollimator nach einem der Ansprüche 1 bis <sup>9</sup>~~10~~,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Blendenblätter (4, 4') in einem Kollimatorblock (19) oder Kollimator-  
blockhälften gelagert sind, der/die zur Positionierung der Kollimatoröffnung (18)  
relativ zu Bestrahlungsobjekt (20) und zur Strahlungsquelle (3) dient / dienen.
11.  
~~12.~~ Kollimator nach Anspruch <sup>10</sup>~~11~~, *zwischen Kollimatorblock (19) und*  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Kollimatorblock (19) auf einem Gantry (41) gelagert ist, wobei eine  
derartige Relativbewegung <sup>zum</sup> ~~zum~~ Patienten (46) möglich ist, daß <sup>der Patient (46)</sup> ~~dieser~~ unter  
Anpassung der Kollimatoröffnung (18) an die Gestalt des Bestrahlungsobjektes  
(20) von allen Seiten bestrahlbar ist.
12.  
~~13.~~ Kollimator nach *Anspruch 2 oder einem der Ansprüche 3 bis 11 mit*  
~~einem der Ansprüche 1 bis 12~~, *Anspruch 2,*  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Zwangskopplung des Antriebs der hinteren Teilstücke (6, 6') der Blen-  
denblätter (4, 4') mit dem Stellantrieb für die vorderen Teilstücke (7, 7') über  
Getriebe erfolgt.

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

26

- <sup>13</sup>  
~~14.~~ Kollimator nach Anspruch <sup>12</sup>~~13~~,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Getriebe für die Blendenblätter (4, 4') wechselweise bei einem Blendenblatt (4, 4') oberhalb und beim angrenzenden Blendenblatt (4, 4') unterhalb angeordnet sind.
- <sup>14.</sup>  
~~15.~~ Kollimator nach Anspruch <sup>12</sup>~~13~~ oder <sup>13</sup>~~14~~,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Stellantrieb für die vorderen Teilstücke (7, 7') derart ausgestaltet ist, daß er letztere sowohl bei einer individuellen Verstellung der Blendenblätter (4, 4') als auch bei einer Verstellung aller (4, 4') oder eines Teils der Blendenblätter (4 oder 4') gegenüber der Strahlungsquelle (3) ausrichtet.
- <sup>15.</sup>  
~~16.~~ Kollimator nach einem der Ansprüche <sup>12</sup>~~13~~ bis <sup>14</sup>~~15~~,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß dem hinteren Teilstück (6, 6') eine Blendenzahnstange (21) zugeordnet ist, in die ein Antriebszahnrad (23) eingreift.
- <sup>16.</sup>  
~~17.~~ Kollimator nach Anspruch <sup>15</sup>~~16~~,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die dem hinteren Teilstück (6, 6') zugeordnete Blendenzahnstange (21) als Verzahnung einer Längskante (37) ausgeführt ist.
- <sup>17.</sup>  
~~18.~~ Kollimator nach Anspruch <sup>16</sup>~~17~~,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß im Bereich der Verzahnung der Längskante (37) das angrenzende hintere Teilstück (6, 6') derart in der Höhe versetzt im Kollimatorblock (19) gelagert ist, daß oberhalb der Verzahnung seitlich ein mit dem Kollimatorblock (19) in Verbindung stehendes Führungselement (25) in eine Führungsnut (26) des hinteren Teilstücks (6, 6') eingreift.

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

27

- <sup>18</sup>  
19. Kollimator nach einem der Ansprüche <sup>15</sup> ~~16~~ <sup>17</sup> bis 18,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß am vorderen Teilstück (7, 7') außerhalb von dessen Drehachse (36) eine Vorderkanten-zahnstange (22) angelenkt ist, in die ein Zahnrad (23 oder 24) eingreift, wobei ein gegenüber dem hinteren Teilstück (6, 6') abweichender Stellweg erzielt wird, derart, daß die entsprechende Ausrichtung der Vorderkante (5, 5') erfolgt.
- <sup>19</sup>  
20. Kollimator nach ~~einem der~~ <sup>18</sup> ~~Ansprüche 17 bis 19~~,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Blendenzahnstange (21) und die Vorderkanten-zahnstange (22) an einer Längskante (37) des hinteren Teilstücks (6, 6') angeordnet sind und zur Erzielung des abweichenden Stellwegs eine unterschiedliche Teilung (52, 53, 54) aufweisen, wobei ein Zahnrad (23 oder 24) in beide Zahnstangen (21, 22) eingreift und dabei der Teilungsunterschied im Toleranzbereich der Verzahnung liegt.
- <sup>20</sup>  
21. Kollimator nach Anspruch <sup>19</sup> ~~20~~,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß für ein unterhalb einer Blende (4, 4') angeordnetes Getriebe die Teilung (53) der Vorderkanten-zahnstange (22) größer ist als die Teilung (52) der Blendenzahnstange (21).
- <sup>21</sup>  
22. Kollimator nach Anspruch <sup>19</sup> ~~20~~ oder <sup>20</sup> ~~21~~,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß für ein oberhalb einer Blende (4, 4') angeordnetes Getriebe die Teilung (54) der Vorderkanten-zahnstange (22) kleiner ist ~~als~~ <sup>als</sup> die Teilung (52) der Blendenzahnstange (21).
- <sup>22</sup>  
23. Kollimator nach einem der Ansprüche <sup>18</sup> ~~19~~ <sup>21</sup> bis 22,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Zahnräder (23 oder 24) in einem Grundgestell (58) gelagert sind.

WO 00/48203

PCT/EP00/00153

28

23.  
24. Kollimator nach einem der Ansprüche <sup>18 22</sup> ~~19~~ bis ~~22~~,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Zahnräder (24) gleichzeitig als Antriebszahnräder (23) dienen und im Kollimatorblock (19) gelagert sind.

- <sup>24</sup>  
25. Kollimator nach Anspruch <sup>14</sup> ~~15~~ mit einem der Ansprüche <sup>19 23</sup> ~~20~~ bis ~~24~~,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Antriebszahnräder (23), welche in die Antriebszahnstangen (55, 21 oder 22) eingreifen, in einem verschiebbaren Kollimatorblock (19) oder zwei verschiebbaren Kollimatorblockhälften und weitere Zahnräder (24), welche in die Blendenzahnstangen (21) und die Vorderkantenstangen (22) eingreifen, auf einem Grundgestell gelagert sind, auf dem der Kollimatorblock (19) insgesamt oder als Kollimatorblockhälften – für je einen Teil der Blendenblätter (4 oder 4') – verschiebbar sind.

25.  
26. Kollimator nach einem der Ansprüche <sup>14 17</sup> ~~18~~ bis ~~18~~,

dadurch gekennzeichnet,

daß Kulissensteuerungen der Stellbewegung der <sup>r</sup> ~~vorderen~~ Teilstücke (7, 7') dienen.

26.  
27. Kollimator nach Anspruch <sup>25</sup> ~~26~~ mit Anspruch 15,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Kulissenführungen (27) mit der Lagerung der Antriebszahnräder (23) in fester Verbindung (61) und die Gleitstücke (28) mit dem vorderen Teilstücken (7, 7') in Wirkverbindung stehen.

(der Kulissensteuerung)

27.  
28. Kollimator nach Anspruch ~~26~~ 25 mit Anspruch 15,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Kulissenführungen (27) mit einem Grundgestell (58) in fester Verbindung stehen und verschiebbare Kollimatorblockhälften – für je einen Teil der Blendenblätter (4 oder 4') – mit den Lagerungen der Antriebszahnräder (23) in fester Verbindung stehen.



WO 00/48203

29

PCT/EP00/00153

<sup>28</sup>  
<sup>29</sup> Kollimator nach Anspruch <sup>26</sup> 27 oder <sup>27</sup> 28,

dadurch gekennzeichnet,

daß das Gleitstück (28) an einem Seilzug (29) befestigt ist, der zum vorderen Teilstück (7, 7') geführt und mit einem Ende (30) oberhalb und dem anderen Ende (31) unterhalb <sup>der</sup> ~~seiner~~ gedachten Drehachse (36) befestigt ist.

<sup>29</sup>  
<sup>30</sup> Kollimator nach Anspruch <sup>26</sup> 27 oder <sup>27</sup> 28,

dadurch gekennzeichnet,

daß das Gleitstück (28) an einem hinteren Ende (34) eines doppelarmigen Hebels (32) befestigt ist, wobei der Hebel (32) mit seiner Drehachse (33) auf dem hinteren Teilstück (6, 6') gelagert und mit seinem vorderen Ende (35) im hinteren Bereich des vorderen Teilstücks (7, 7') gelagert ist.

<sup>30</sup>  
<sup>31</sup> Kollimator nach einem der Ansprüche 1 bis <sup>29</sup> 30,

dadurch gekennzeichnet,

daß an mindestens einer Längskante (37) eines hinteren Teilstücks (6, 6') eine Führung (38) vorgesehen ist.

<sup>31</sup>  
<sup>32</sup> Kollimator nach Anspruch <sup>30</sup> 31,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Führung (38) aus einer Nut (39) in der Längskante (37) besteht, in der ein Führungselement (40) gleitet.

<sup>32</sup>  
<sup>33</sup> Kollimator nach einem der Ansprüche 1 bis <sup>31</sup> 32,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Blendenblätter (4, 4') als Kompensatormittel zur Erzeugung unterschiedlicher Strahlungsintensität dienen, indem sie während der Bestrahlung zeitweise in die Kollimatoröffnung (18) einfahrbar sind.